

Mapeamento do processo produtivo de uma linha de produção de aglomerados de cortiça com borracha

Miguel Domingos Martins

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2017-07-13

À minha família.

Resumo

A indústria da cortiça atravessa um processo de reestruturação, e com ele surgem novos desafios, que têm de conseguir ser suportados por forma a manter a competitividade nos mercados. Nesse sentido, surge a necessidade de implementação do controlo de processos. Esta ferramenta centra a sua atenção na estabilização de processos, conduzindo a mudança e implementação de atividades de melhoria contínua.

O projeto desenvolvido surge da necessidade de estabilização do processo produtivo por forma a alcançar-se um processo em controlo.

Foi sugerido pela empresa a realização de uma análise no sentido de avaliar de forma aprofundada o processo produtivo, com o intuito de identificar as variáveis que intervêm nas operações.

O mapeamento do processo produtivo apresenta-se como o primeiro passo na análise quantitativa e qualitativa, e a primeira ferramenta a ser aplicada no sentido de se atingir um processo em controlo. Conduzindo à identificação da sequência de operações para a aglomeração de blocos de cortiça com borracha e à identificação dos pontos críticos, sendo identificados vários problemas existentes na área que influenciam a qualidade dos produtos e a eficiência da linha.

Após definição e análise de todas as variáveis do processo produtivo constatou-se não existirem metodologias normalizadas para a realização das tarefas, por parte dos operadores, derivando numa variabilidade considerável no processo. Para atenuar esta realidade, avança-se no sentido da implementação da ferramenta *Lean* destinada à normalização, o *standard work*.

Esta heterogeneidade nos modos de operação apresenta um impacto em todo o processo, particularmente nos tempos de mudança de referência. Através da implementação da metodologia SMED na da prensa de corte da linha CR1 permitiram-se atingir melhorias em termos da redução dos tempos dedicados à mudança de série esperando-se uma subida nos indicadores de disponibilidade da linha produtiva.

Process mapping in a production line of cork rubber materials

Abstract

The cork industry is undergoing a restructuring process, and with it new challenges arise, which should be supported in order to maintain competitiveness in the markets. In this sense, there is a need to implement process control. This tool focuses on the stabilization of processes, leading to the change and implementation of continuous improvement activities.

The developed project arises from the need to stabilize the production process in order to achieve a process in control.

It was suggested by the company to carry out an analysis in order to evaluate the production process in detail, in order to identify the variables that intervene in the operations

The process mapping of the productive process presents itself as the first step in quantitative and qualitative analysis, and the first tool to be applied in order to achieve a process under control. Leading to the identification of the sequence of operations for the agglomeration of cork rubber blocks and the identification of the critical points, being identified several problems in the area that influence the quality of the products and the efficiency of the line.

After defining and analyzing all the variables in the production process, it was verified that there are no standard methodologies for the accomplishment of the tasks, by the operators, resulting in a considerable variability in the process. To mitigate this reality, we move towards the implementation of the Lean tool for standardization, the standard work.

This heterogeneity in modes of operation has an impact on the whole process, particularly in setup times. Through the implementation of the SMED methodology in the CR1 line at the cutting press, it was possible to achieve improvements in terms of the reduction of the times dedicated to the changes, with the expectation for a rise in the availability indicators of the production line.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de deixar o meu agradecimento à ACC por me proporcionar o primeiro contacto com a indústria integrando-me no programa *Cork Potential*.

Seguidamente, agradeço à Nanci Carvalho e a toda a equipa dos Recursos Humanos pelo apoio, disponibilidade e palavras de motivação ao longo da minha estadia na empresa.

A todos os colaboradores da *Cork Rubber Materials* pela paciência, disponibilidade e boa disposição deixo a minha gratidão e respeito.

Não posso deixar de destacar o Rui Silva, o Joaquim Leal, o Francisco Castanho, o Bruno Sá e o Renato Sanguedo por tudo o que aprendi.

Ao Eng.º João Correia por me fazer crescer como pessoa e como Engenheiro, obrigado. Obrigado pelo desafio, foi a pessoa que mais me marcou nesta experiência. Um exemplo que levarei para a minha vida.

André, Bernardo, Luisa e Rita obrigado por estes quatro meses amigos.

Ao orientador da faculdade Eng.º Eduardo Gil da Costa, pela disponibilidade em todos os momentos e conselhos em momentos chave.

Luis Tiago, Gonçalo, Filipe e Jorge obrigado por estes cinco anos de faculdade, foram vivências que levarei sempre comigo.

Finalmente, à minha família pela educação, formação e todas as oportunidades, a vocês dedico este trabalho.

Índice de Conteúdos

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introdução | 1 |
| 1.1 | Enquadramento do projeto e motivação | 1 |
| 1.2 | Grupo Amorim..... | 1 |
| 1.3 | Apresentação da Amorim Cork Composites | 2 |
| 1.4 | Objetivos do projeto | 4 |
| 1.5 | Método seguido no projeto..... | 5 |
| 1.6 | Estrutura da dissertação | 5 |
| 2 | Enquadramento Teórico..... | 6 |
| 2.1 | Six Sigma e DMAIC | 8 |
| 2.2 | Controlo de Processos | 9 |
| 2.3 | Modelação de Processos | 9 |
| 2.4 | Standard Work | 13 |
| 2.5 | Single Minute Exchange of Dies (SMED) | 13 |
| 3 | Mapeamento do processo produtivo de aglomerados de cortiça com borracha | 15 |
| 3.1 | As linhas Cork Rubber 1 e Cork Rubber 2 | 15 |
| 3.2 | Descrição dos produtos..... | 16 |
| 3.2.1 | Mistura Mãe (Master Batch)..... | 16 |
| 3.2.2 | Mistura final (Final Mixture)..... | 17 |
| 3.3 | Descrição do processo produtivo da linha Cork Rubber 1 | 18 |
| 3.4 | Fluxograma do processo de aglomeração de blocos | 29 |
| 3.4.1 | Produção de Mistura Mãe..... | 29 |
| 3.4.2 | Produção de Mistura Final | 30 |
| 3.5 | Variáveis críticas | 31 |
| 3.6 | Matriz Causa-Efeito..... | 34 |
| 4 | Proposta de melhoria | 36 |
| 4.1 | Redução dos tempos na mudança de referência..... | 36 |
| 4.1.1 | Moldador único na prensa de moldes | 37 |
| 4.1.2 | SMED na prensa de corte..... | 38 |
| 4.2 | Normalização do processo..... | 39 |
| 4.2.1 | Normalização da rotina de arranque..... | 39 |
| 4.2.2 | Normalização da rotina de setup | 41 |
| 4.3 | Melhorias adicionais no processo produtivo..... | 42 |
| 4.3.1 | Planeamento de produção semanal | 42 |
| 4.3.2 | Aspiração de granulado | 42 |
| 4.3.3 | Cacifos..... | 43 |
| 4.3.4 | Misturador de descarga | 43 |
| 4.4 | Engenharia do processo | 44 |
| 4.4.1 | Adaptação das formulações | 44 |
| 4.4.2 | Empilhamento..... | 44 |
| 4.4.3 | Prensa de corte | 45 |
| 4.4.4 | Prensa de moldes..... | 46 |
| 4.5 | Melhoria das condições de trabalho na área..... | 46 |
| 4.5.1 | Aumento do caudal de aspiração | 46 |
| 4.5.2 | Recurso a aspiradores industriais..... | 46 |
| 5 | Conclusões e perspetivas de trabalhos futuros | 47 |
| 5.1 | Conclusões | 47 |
| 5.2 | Trabalhos futuros | 48 |
| | Referências | 49 |
| | ANEXO A: Especificações dos cacifos das linhas CR1 e CR2 | 51 |
| | ANEXO B:Análise Reométrica | 52 |

| | |
|---|----|
| ANEXO C:Matrizes de decisão na mudança de série | 53 |
| ANEXO D:SOF para a rotina de <i>setup</i> | 54 |

Siglas

ACC – *Amorim Cork Composites*

BPMN – *Business Process Model and Notation*

CR – *Cork Rubber*

CRM – *Cork Rubber Materials*

DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Improve and Control*

FM – *Final Mixture*

FPP – *Folha Processo/Produto*

MAB – *Misturador Aberto*

MB – *Master Batch*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

SOF – *Standard Operation Form*

UML – *Unified Modeling Language*

UN – *Unidade de Negócios*

WEF – *Work Element Form*

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Unidades de negócio da Corticeira Amorim | 2 |
| Figura 2 - Estrutura organizacional da ACC | 2 |
| Figura 3 - Características da cortiça (ACC) | 3 |
| Figura 4 – Material destinado ao controlo de vibrações (ACC)..... | 3 |
| Figura 5 - Junta Techseal (ACC)..... | 3 |
| Figura 6 - Peças da coleção MATERIA (ACC) | 4 |
| Figura 7 - Esquema representativo da amborgagem Lean Six Sigma (Snee, 2010) | 6 |
| Figura 8 - Objetivos das metodologias Six Sigma e Lean (Snee, 2010) | 7 |
| Figura 9- Etapas no mapeamento de processo..... | 10 |
| Figura 10 – Esquema descrito da representação do workflow | 11 |
| Figura 11 - Notação normalizada para os diagramas de processo..... | 12 |
| Figura 12 - Fluxograma elementar dos materiais produzidos na área CRM..... | 15 |
| Figura 13 - Mistrura Mãe em stock (pig) | 16 |
| Figura 14 - Bloco aglomerado de cortiça com borracha | 17 |
| Figura 15 - Disposição de equipamentos na linha CR1..... | 18 |
| Figura 16 - Ciclones industriais..... | 18 |
| Figura 17 - Mini silos de granulado | 19 |
| Figura 18 - Balança e tapete transportador de granulado | 19 |
| Figura 19 - Balanças de óleos..... | 20 |
| Figura 20 - Cacifos da linha CR1 | 20 |
| Figura 21 - Banbury da linha CR1 | 21 |
| Figura 22 - Homogeneizador de descarga (MAB01) | 22 |
| Figura 23 - Misturador aberto de formação de banda (MAB02)..... | 22 |
| Figura 24 - Tapete transportador de banda e guilhotina..... | 23 |
| Figura 25 - Empilhamento..... | 24 |
| Figura 26 - Prensa de corte | 25 |
| Figura 27 - Prensa de moldes | 26 |
| Figura 28 - Zona das estufas da linha CR1 | 28 |
| Figura 29 - Esquema da zona das estufas na linha CR1 | 28 |
| Figura 30 - Fluxograma da produção de mistura mãe | 29 |
| Figura 31 - Fluxograma da produção de mistura final | 30 |
| Figura 32 - Diagrama de Causa-Efeito: Identificação das causas da baixa eficiência | 34 |
| Figura 33 - Diagrama de Causa-Efeito: Identificação das causas para a qualidade não OK ... | 35 |
| Figura 34 - Tempos de paragem na linha CR1 no ano de 2017 | 36 |
| Figura 35 - Molde de cavilhas (esquada) e molde automático (direita) | 37 |

| | |
|--|----|
| Figura 36 - Normalização na mudança de referência | 38 |
| Figura 37 - SOF para a rotina de arranque no Banbury da linha CR2 | 40 |
| Figura 38 - WEF para a rotina de arranque para realizar a atividade de "Ligar Banbury" | 40 |
| Figura 39 - Homogeneizador de descarga (MAB01) e carro homogeneizador..... | 44 |
| Figura 40 - Relação entre abertura de misturadores e número de folhas no empilhamento..... | 45 |
| Figura 41 - Especificações do sistema de cacifos implementado na CR1 e CR2 (ACC) | 51 |
| Figura 42- SOF para a rotina de setup no Banbury da linha CR2 | 54 |

Índice de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Moldadores existentes na linha CR1 | 26 |
| Tabela 2 - Moldes existentes na CR1 | 27 |
| Tabela 3 - Identificação dos problemas da linha em termos ambientais | 31 |
| Tabela 4 - Identificação dos problemas da linha em termos de máquinas | 31 |
| Tabela 5 - Identificação dos problemas da linha em termos de método..... | 32 |
| Tabela 6 - Identificação dos problemas da linha em termos de mão-de-obra | 32 |
| Tabela 7 - Identificação dos problemas da linha em termos de medição | 33 |
| Tabela 8 - Identificação dos problemas da linha em termos de materiais | 33 |
| Tabela 9 - Matriz de decisão na mudança de referência quando existe mudança de cor | 53 |
| Tabela 10 - Matriz de decisão na mudança de referência quando existe mudança na tipologia de granulado | 53 |

1 Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e foi realizada no *Amorim Cork Composites*.

Nos pontos seguintes, é elaborada uma descrição do enquadramento do projeto e motivação, da empresa e do Grupo económico onde se insere, os objetivos e a metodologia abordada no desenvolvimento do mesmo. Por fim, será apresentada a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O tema da dissertação em ambiente empresarial incide na identificação das operações e variáveis intervenientes no processo produtivo de blocos aglomerados de cortiça com borracha.

Em Julho de 2015, deu-se o encerramento da Unidade Industrial de Corroios, destinada à produção dos compósitos de cortiça com borracha, existindo assim, a necessidade de transferência da operação para uma outra Unidade da Corticeira, a *Amorim Cork Composites*.

Agora com *layouts*, operadores e algumas máquinas diferentes, as linhas *Cork Rubber 1* e *2*, destinadas, respetivamente, à produção de blocos e cilindros aglomerados de cortiça com borracha encontram-se ainda a operar segundo os *standards* estabelecidos em Corroios.

A presente dissertação apresenta-se como uma primeira fase no sentido da implementação do controlo de processos, para estabelecer novos *standards* de produção e para identificar as relações causais entre defeitos e modos de operação, resultando na diminuição da taxa de retrabalho.

1.2 Grupo Amorim

O Grupo Amorim, iniciou a sua atividade no negócio da cortiça em 1870, sendo atualmente líder mundial no setor. Apresenta-se como um dos mais dinâmicos e empreendedores grupos multinacionais de origem portuguesa, marcando presença em mais de cem países.

Guiado pelo lema “nem um só mercado, nem um só cliente, nem uma só divisa, nem um só produto” o Grupo diversificou as suas áreas de atividade para além da cortiça, alargando as suas atividades aos setores têxtil, vitivinícola e enoturismo. Conta ainda com participação no ramo imobiliário, financeiro e das telecomunicações.

A cortiça é o “oxigénio” do Grupo e, como tal, este é o setor alvo de maior foco da Corticeira Amorim, onde o investimento na investigação, inovação e no *design*, apresenta ao mercado produtos e soluções para algumas das indústrias mais exigentes em termos de qualidade, potenciando esta matéria-prima 100% natural e garantindo uma exploração sustentável ao montado do sobreiro.

A Corticeira Amorim, contando com mais de 3500 colaboradores, responsável por 35% da transformação mundial de cortiça, divide-se em cinco Unidades de Negócio, representadas na Figura 1.

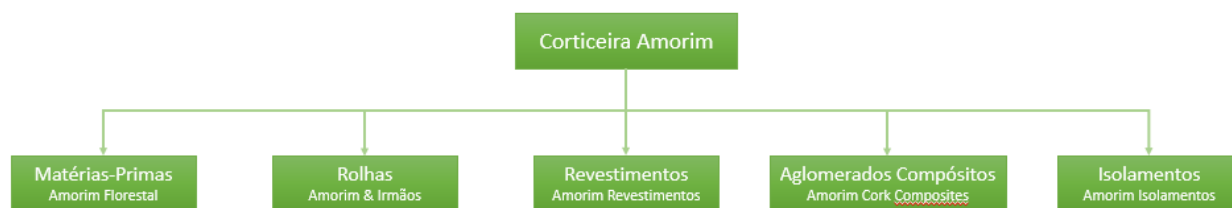


Figura 1 - Unidades de negócio da Corticeira Amorim

1.3 Apresentação da Amorim Cork Composites

A Amorim Cork Composites, ACC, é a Unidade de Negócios, UN, da Corticeira Amorim responsável pela produção de aglomerados compósitos e apresenta-se como a UN mais tecnológica do universo Amorim, sendo uma referência na pesquisa, no desenvolvimento e na produção de soluções de aglomerados de cortiça.

A ACC foi criada com o intuito de reutilizar desperdícios de cortiça provenientes de outras indústrias, nomeadamente a das rolhas naturais. Atualmente, conta com 430 colaboradores e concentra as suas atividades na produção de granulados, de aglomerados de cortiça e de cortiça com borracha.

Na Figura 2, apresenta-se a estrutura organizacional da ACC desde a Direção Geral até à área de intervenção, *Cork Rubber* 1 e 2, que são linhas destinadas à produção de blocos aglomerados de cortiça com borracha.

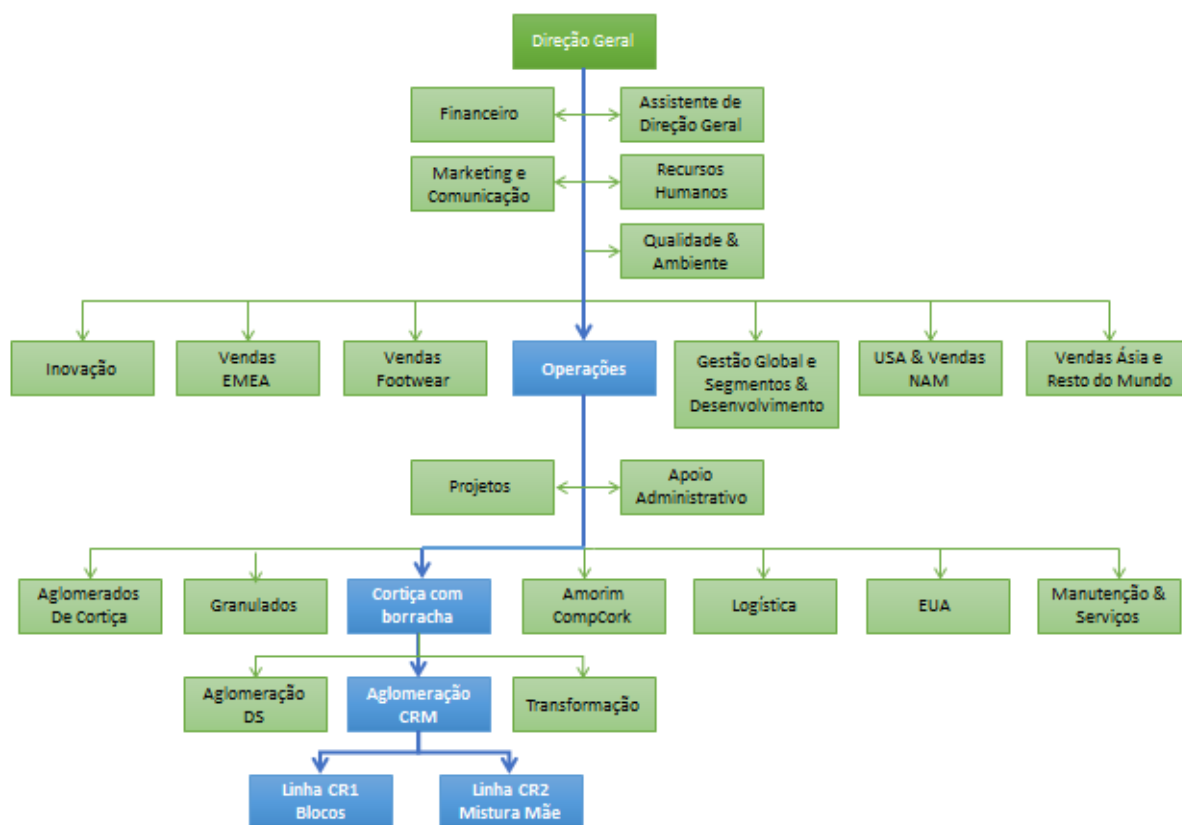


Figura 2 - Estrutura organizacional da ACC

Soluções de Cortiça

A cortiça é uma matéria-prima que apresenta propriedades únicas, tal como pode ser observado na Figura 3.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---|-------------------------------|
|  | 100% Natural |  | Alta resistência |
|  | Reutilizável e reciclável |  | Leveza |
|  | Impermeabilização a líquidos e gases |  | Flutuação |
|  | Elasticidade |  | Isolamento térmico e acústico |
|  | Compressão |  | Lenta combustão |

Figura 3 - Caraterísticas da cortiça (ACC)

Esta diversidade de caraterísticas permite à ACC desenvolver produtos únicos e a capacidade de estar presente com múltiplas aplicações em mercados diversos, destacando-se os seguintes:

- Construção:

É cada vez maior o recurso à cortiça pois esta oferece vantagens tanto do ponto de vista da qualidade das infraestruturas como a nível de conforto e eficiência energética. A *AcousticCork*, apresenta soluções de isolamento acústico, térmico e vibratório. Dentro da marca, o leque de produtos vai desde soluções de isolamento para aplicação em subpavimentos, betonilhas flutuantes, sistemas de aquecimento de pisos, divisórias leves e ainda produtos de impermeabilização e antivibráticos para infraestruturas e fundações, Figura 4.



Figura 4 – Material destinado ao controlo de vibrações (ACC)

Ainda neste segmento, existe a *ExpandaCork*, com uma gama de produtos especialmente formulados para o preenchimento de espaços das juntas de dilatação entre as lajes de rocha. Estes produtos têm aplicações em túneis, pontes, aquedutos, sistemas de abastecimento e reservatórios de água, barragens e aeroportos.

- Indústria:

No ramo da indústria, a marca TPS, oferece produtos inovadores com requisitos térmicos exigentes em termos de qualidade, destinados a aplicações em sistemas de proteção térmica para blindagens de veículos aeroespaciais.

A *Techseal* apresenta soluções flexíveis para vedações para aplicações na indústria automóvel, Figura 5.



Figura 5 - Junta Techseal (ACC)

- **Bens de consumo:**

Tendo encontrada a harmonia perfeita entre o *design* e a cortiça, as marcas *MATERIA – Cork by Amorim*, Figura 6, e a *Korko Selection* oferecem coleções de objetos para integrar os ambientes do nosso cotidiano.



Figura 6 - Peças da coleção MATERIA (ACC)

- **Transportes:**

O desenvolvimento de produtos capazes de satisfazer os requisitos técnicos exigentes para aplicação em meios de transporte, incorporando a cortiça, conduzindo a soluções onde se permita um aumento da performance e conforto dos meios de transporte coletivos.

A gama de produtos engloba painéis, sistemas para pisos e sistemas para infraestruturas de carris (pastilhas para suporte de carris).

1.4 Objetivos do projeto

O projeto desenvolvido surge no contexto do controlo de processos, e da necessidade de estabilização do processo produtivo.

Por não estarem ainda identificadas as variáveis que intervêm no processo produtivo para então poderem ser monitorizadas, foi proposto pela empresa a realização de uma análise exaustiva ao processo produtivo de aglomeração de blocos de cortiça com borracha. A análise foi realizada através do mapeamento do processo produtivo, seguindo-se a identificação das variáveis críticas.

Na linha produtiva não existem metodologias normalizadas para a realização de tarefas, por parte dos operadores, resultando numa variabilidade significativa na produção. Esta diversidade de modos de operação apresenta um impacto em todo o processo, nomeadamente nos tempos dedicados às mudanças de referência. No sentido de reduzir os *setups* foi ainda proposta a realização de uma atividade de SMED numa das prensas da linha CR1, a prensa de corte.

Posto isto, a proposta de dissertação em ambiente empresarial estabeleceu três objetivos principais:

- Mapeamento do processo produtivo de blocos aglomerados de cortiça com borracha;
- Identificação das variáveis críticas que intervêm no processo produtivo;
- Implementação da metodologia SMED na prensa de corte da linha CR1.

Para além destes três objetivos tornou-se oportuno ao longo da realização do projeto avançar no sentido de dar um primeiro passo naquilo que é a normalização dos processos.

Este projeto apresenta-se como uma primeira fase no sentido do estabelecimento dos *standards* de produção e monitorização de variáveis, tendo como objetivo alcançar um processo em controlo.

1.5 Método seguido no projeto

A metodologia seguida no desenvolvimento do projeto centrou-se no mapeamento do processo produtivo, tendo sido realizada uma caracterização da linha do ponto de vista produtivo, com vista a melhor entender quais os elementos e as variáveis críticas do ponto de vista do controlo de processo.

Foi em seguida realizada uma análise dos tempos produtivos e improdutivos na linha CR1, com o intuito de identificar qual o verdadeiro impacto da mudança de referência e quais as etapas críticas.

Centrado na redução dos tempos improdutivos, suportado na metodologia SMED, desenvolveu-se um trabalho de normalização das mudanças de série.

Por último, no sentido de avançar na estabilização do processo, construiu-se uma lógica de abordagem para a criação de instruções de trabalho, suportado por reuniões com os responsáveis pela produção, qualidade, segurança e manutenção. Esta atividade de normalização sustentou-se no conceito do *standard work*.

1.6 Estrutura da dissertação

A presente dissertação apresenta-se dividida em cinco capítulos, descrevendo cronologicamente o trabalho realizado na empresa.

Neste primeiro capítulo foi apresentada uma breve descrição da empresa e dos produtos comercializados, o projeto e os respetivos objetivos e a metodologia seguida.

No segundo capítulo realiza-se uma abordagem aos conceitos teóricos que suportam as atividades realizadas.

Seguidamente, no terceiro capítulo, é apresentado o mapeamento do processo produtivo, através da descrição dos produtos e processos, acompanhando-se ainda a identificação das variáveis críticas.

No quarto capítulo é apresentada uma solução para a redução dos tempos dedicados à mudança de referência, uma primeira abordagem na normalização de processos e um conjunto de melhorias adicionais ao nível dos processos e das condições de trabalho na área.

Por fim, no quinto capítulo, apresentam-se as conclusões e enumeram-se possíveis trabalhos futuros

2 Enquadramento Teórico

As cada vez mais exigentes necessidades dos clientes, aliadas à competitividade dos mercados forçam indústrias e organizações a focar esforços na melhoria contínua da qualidade dos produtos e serviços que apresentam ao público.

Jugulum and Samuel (2008) afirmam que “entregar produtos sem defeitos é importante, não apenas porque são gerados lucros, mas também porque resulta na afirmação da posição competitiva de uma organização através da satisfação dos clientes”.

Assente nesta premissa, o *Lean Six Sigma* apresenta-se como a mais recente e poderosa abordagem, onde se aliam as ferramentas de ambas as metodologias, alcançando-se melhorias sustentáveis a nível dos processos (Snee and Hoerl, 2007).

A interligação entre os objetivos comerciais, maximizando a produção, e a melhoria da performance dos processos, atuando sobre o fluxo de materiais e informação enquanto se reduzem as não conformidades e o tempo de ciclo, apresentam-se como o ponto de partida desta nova abordagem (Snee, 2010).

Na Figura 7, esquematiza-se esta metodologia de abordagem que tem como objetivo alcançar uma maior robustez dos processos produtivos.

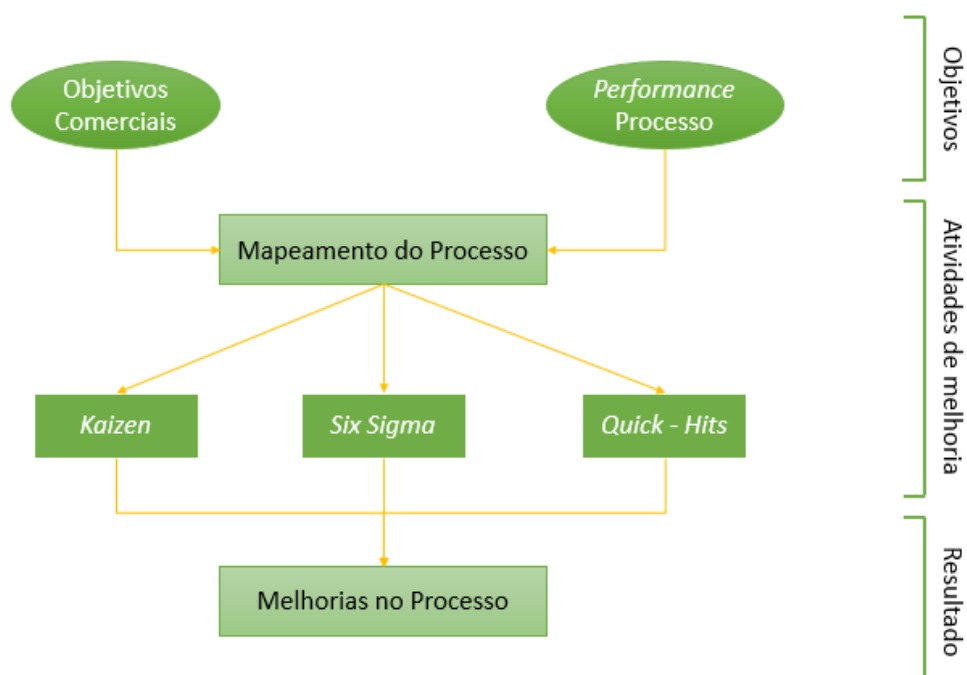


Figura 7 - Esquema representativo da abordagem *Lean Six Sigma* (Snee, 2010)

Apesar de existirem várias formas de atuar sobre um processo, existem tipicamente três tipos principais de atividades que são levadas a cabo, requerendo estas diferentes intervalos de tempos para o seu desenvolvimento (Snee, 2010):

- *Quick-hits*: atividades que podem ser desenvolvidas no imediato, credibilizando e motivando os envolvidos no projeto de melhoria. Estas atividades devem envolver um baixo investimento e devem focar-se na melhoria das condições de trabalho e organização da área;
- *Kaizen*: ações de melhoria, normalmente a nível dos processos numa lógica *Lean*, a ser realizadas num horizonte temporal curto, normalmente inferior a trinta dias;
- *Six Sigma*: desenvolvidos num horizonte temporal mais alargado, entre três a seis meses, onde são realizadas ações no sentido da redução da variabilidade dos processos e de alcançar melhorias nas condições de operação.

Contudo, a primeira etapa a ser levada a cabo é a de mapear o processo produtivo com o intuito de identificar as operações e o fluxo de material. As ações acima descritas são resultado desta análise. É no mapeamento que são identificadas atividades que não acrescentam valor e quais as variáveis que atuam sobre o processo em análise.

Seguindo a perspetiva de unificação das abordagens *Lean* e *Six Sigma*, na Figura 8, apresenta-se a comparação entre os objetivos de ambas as metodologias.

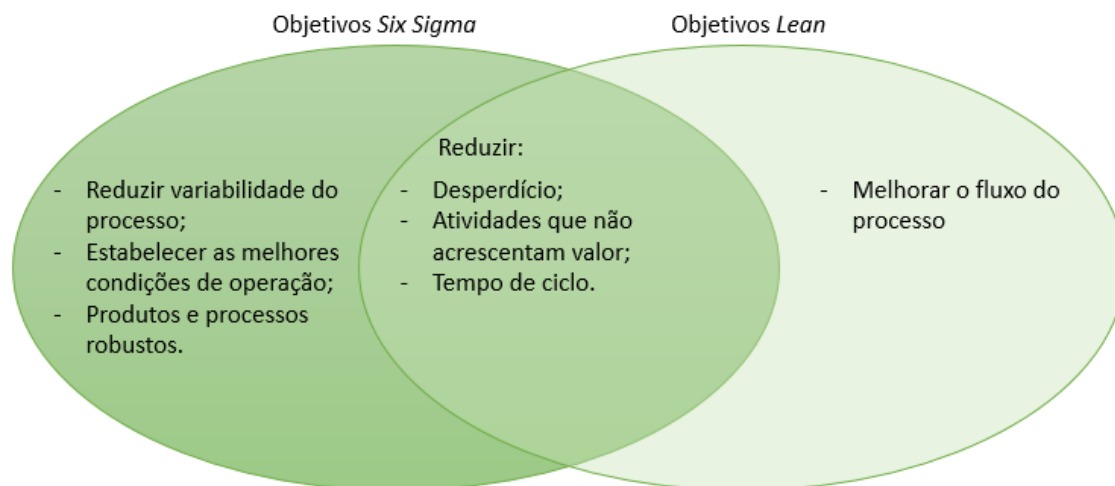


Figura 8 - Objetivos das metodologias *Six Sigma* e *Lean* (Snee, 2010)

2.1 Six Sigma e DMAIC

O *Six Sigma* pode ser considerado um dos mais importantes desenvolvimentos na gestão da qualidade e na melhoria de processos das últimas décadas (Garza-Reyes et al., 2010). Esta metodologia surgiu na Motorola nos anos 80 e rapidamente despertou o interesse da maioria das maiores empresas a nível mundial, focadas em melhorar a sua performance (Goh, 2002).

Em termos estatísticos, *sigma* (σ) é utilizado para representar a variação de variáveis e, quando aplicado ao controlo da qualidade, permite medir a variação num processo ou nos seus *outputs* (Omachonu and Ross, 2004).

Para além de ser uma medida de variabilidade do processo, o *Six Sigma* propõe-se como uma filosofia de gestão e uma estratégia que permite às organizações reduzir custos, assim como uma metodologia de melhoria contínua e resolução de problemas que pode ser aplicada aos mais diversos processos com o objetivo de eliminar defeitos, incidindo na raiz das suas causas (Brue and Howes, 2006).

Focando-se nas características críticas que são relevantes para os clientes, com o recurso ao *Six Sigma*, identificam-se e eliminam-se defeitos, erros ou falhas que possam estar presentes nos processos em análise. Assim, os principais benefícios esperados aquando da aplicação desta metodologia num processo são: redução de custos, redução dos tempos de ciclo, eliminação de defeitos e consequente aumento da satisfação e nível de confiança dos clientes, e ainda aumentos dos lucros (Pyzdek and Keller, 2010).

Kumar et al. (2008) sugere que apesar da metodologia *Six Sigma* ser maioritariamente utilizada em aplicações industriais com o objetivo de atingir a redução de defeitos, a sua aplicação pode ser extensível aos processos e modelos de negócio. Como resultados desta aplicação pode esperar-se conhecer melhor e melhorar processos, ter um maior envolvimento dos colaboradores e subsequente formação na resolução de problemas.

Parte integrante da metodologia *Six Sigma* é o modelo DMAIC, que se refere à aplicação de cinco etapas concetuais, resultando numa melhoria sistemática dos problemas e processos. As fases são as seguintes:

- Definir (*Define*): Nesta etapa do processo define-se o papel da equipa, o objetivo e limite do projeto, os requisitos e especificações do cliente (Gijo et al., 2011);
- Medir (*Measure*): Seleção e medição dos fatores a melhorar, assim como monitorização, comparação e avaliação da sua capacidade (Stamatis, 2004);
- Analisar (*Analyse*): Determinação da raiz das causas de defeitos (Omachonu and Ross, 2004);
- Melhorar (*Improve*): Recurso ao estudo estatístico e à experimentação, reduzindo defeitos (Omachonu and Ross, 2004);
- Controlar (*Control*): Na última etapa do processo é assegurada a sustentabilidade das melhorias levadas a cabo na fase anterior e a monitorização da performance do processo (Stamatis, 2004).

O modelo DMAIC apesar de focado na execução de atividades de melhoria contínua, sustenta-se na necessidade de recolha e análise dos dados, que deve preceder a execução da ação de melhoria (Garza-Reyes et al., 2010).

2.2 Controlo de Processos

O controlo de processos centra a sua atenção na estabilização de processos, institucionalizando a mudança e conduzindo a atividades de melhoria contínua. Os processos produtivos de várias operações de manufatura não se encontram em controlo nem apresentam níveis de performance condizentes com um ambiente *Lean*.

É necessário então normalizar operações, estabelecendo *standards* de produção, e analisar os níveis de performance do processo. Posto isto, numa perspetiva de melhoria contínua, introduz-se variação no processo, criando um novo *standard* de produção. Contudo, após estabelecido o novo *standard*, a performance não pode ser limitada a este, então instrumentos de melhoria contínua são utilizados para fixar um novo nível de performance. Numa boa prática de gestão devemos esperar que os *standards* melhorem duas vezes por ano (Feld, 2001).

Segundo Shingo (1985), o sistema de produção Toyota exige que todo o trabalho seja executado dentro dos tempos do *standard* e os supervisores no chão de fábrica são encorajados, numa perspetiva de melhoria contínua, a propor alterações aos padrões de produção, não permitindo que estes se mantenham inalterados por um longo período temporal.

Quando se atinge a estabilização de operações através da definição de métodos *standard* de trabalho e continuamente se procura a melhoria, desenvolvem-se processos mais robustos, fiáveis e previsíveis (Feld, 2001).

2.3 Modelação de Processos

Diagramas formais de processo são regularmente intitulados de mapas de processos, diagramas de atividade ou diagramas de fluxo. Historicamente, a análise de atividades utilizou uma variedade alargada de notações para descrever processos (Harmon, 2010).

A descrição de um processo depende da finalidade à qual o mesmo se destina. Uma equipa *Six Sigma* cria um diagrama enquanto se prepara para se focar na melhoria de um processo específico. Em outros casos, uma equipa de engenharia pode necessitar de recorrer a um diagrama de processo, como um primeiro passo para avançar num projeto de automação de uma atividade. Por vezes, os gestores recorrem ao mapeamento para perceberem qual a complexidade do processo (Harmon, 2010).

Na prática, a distinção prende-se com o nível de detalhe que o diagrama apresenta. Diagramas informais aos quais os gestores recorrem para os ajudar a perceberem melhor os processos, apresentam um nível de detalhe mais superficial. Diagramas formais aos quais engenheiros recorrem para especificar exatamente como uma nova máquina será implementada num processo, podem apresentar elevada complexidade e visam explicar todas as atividades de forma minuciosa (Harmon, 2010).

A tipologia de diagrama deve ser apropriada para o objetivo para o qual está a ser executado, pois relembrando o exemplo acima, diagramas com um nível demasiado elevado de detalhe não interessam a quem apenas pretende ter uma perspetiva mais generalizada acerca de um processo.

Mapeamento de processos

A análise de um processo produtivo, passa por conhecer quais as operações necessárias para produzir um produto final. O recurso ao mapeamento do processo, representando estas operações de forma sequencial graficamente, simplifica a compreensão do fluxo de trabalho. Atravessando o processo, passo-a-passo, documentando as etapas e falando com as pessoas envolvidas (Feld, 2001).

Um processo é um conjunto de atividades que recebe ou transforma um ou mais *inputs* e gera um ou mais *outputs*, e a qualidade do produto final reflete a qualidade do processo (Harmon, 2010).

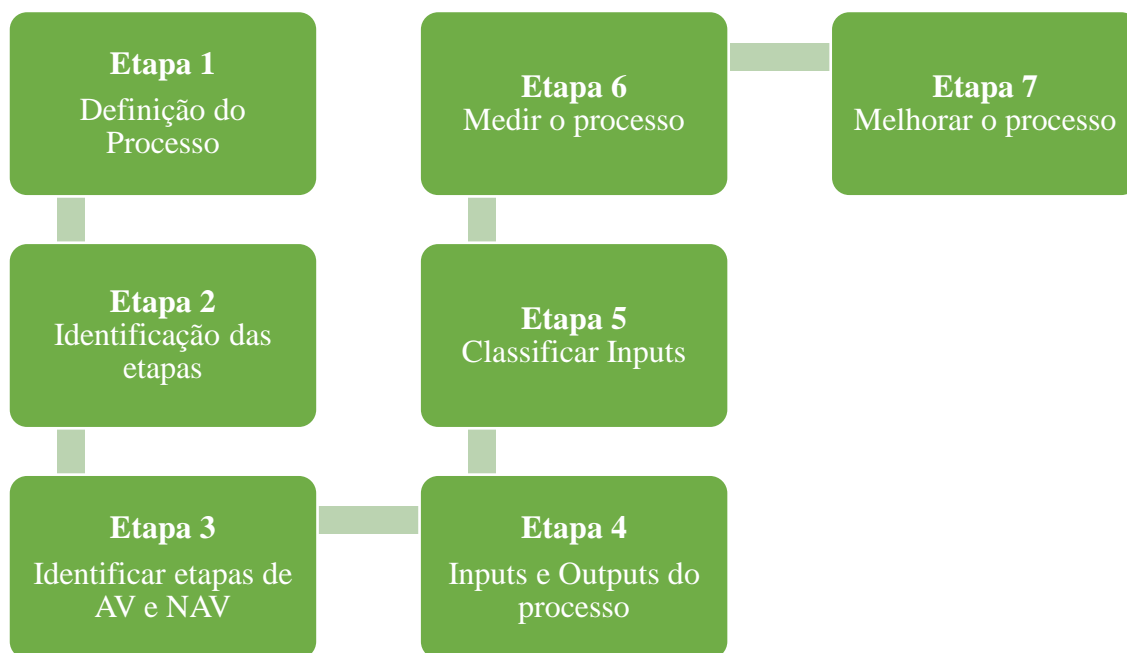


Figura 9- Etapas no mapeamento de processo

Sendo Harmon (2010), um diagrama de processo deve incluir as etapas descritas abaixo e representadas na Figura 9.

Etapa 1 – Definir processo: Aqui deve ser definido qual o âmbito do processo (metas e objetivos), os limites e métricas do processo e estabelecidos os requisitos chave.

Etapa 2 – Identificar etapas: Observa-se o processo e acompanha-se a peça em fabrico ao longo das operações, documentando as operações a que esta é sujeita.

Etapa 3 – Identificar etapas que adicionam valor e não adicionam valor:

- Etapas que adicionam valor são definidas como transformações a que a peça é sujeita e pelas quais o cliente está disposto a pagar;
- Etapas que não adicionam valor podem dividir-se em duas categorias, as necessárias (preenchimento de folhas de identificação do produto) e desnecessárias (atrasos, paragens ou retrabalho).

Etapa 4 – *Inputs* e *Outputs* do processo:

- *Inputs* são todos os parâmetros necessários para completar uma etapa (6M: Homem (Man), Máquina, Medida, Método, Material e Mãe-Natureza);
- *Outputs* são os produtos finais que são mensuráveis ou avaliáveis.

Etapa 5 – Classificar os *Inputs* do processo distinguindo operações *standard*, fatores críticos, fatores controláveis e incontroláveis.

Etapa 6 – Medir o processo calculando o tempo de ciclo, o tempo de fluxo e o tempo disponível.

Etapa 7 – Melhorar o processo ou reduzir o desperdício, como movimentos desnecessários, esperas, paragens, defeitos e sobreprodução.

O mapeamento do processo ajuda então a identificar todos os passos do processo, quer estes acrescentem valor ou não, perdas no processo, parâmetros de entrada e saída. Assim, após a caracterização destes parâmetros é possível recolher dados do processo e identificar as fontes de variação no mesmo (Feld, 2001).

O *Unified Modeling Language*, UML, e o *Business Process Model and Notation*, BPMN, são notações gráficas normalizadas para a modelação de processos. O objetivo destas é facilitar o entendimento dos diagramas descritivos de processos, embora no caso do BPMN, este se foque na representação de processos de negócio, normalmente de grau mais elevado.

Tanto em UML e como em BPMN existe uma normalização na representação das atividades e fluxo, sendo uma atividade representada por uma caixa retangular e o fluxo por uma seta. Na Figura 10, são mostradas três atividades, uma ao centro, uma a montante, que gera os *inputs* para a atividade ao centro, e uma a jusante, que recebe os *outputs* da atividade ao centro (Harmon, 2010).



Figura 10 – Esquema descrito da representação do *workflow*

Uma atividade tem a si associado um intervalo de tempo. Um evento, por outro lado, ocupa um instante temporal. Em alguns casos diz-se que os eventos funcionam como *trigger* das atividades (Harmon, 2010).

Algumas atividades são procedimentos bem definidos, enquanto outras envolvem a aplicação de algumas regras e decisões. Processos de decisão complexos podem envolver várias regras, e em casos extremos pode verificar-se que são demasiadas para serem analisadas e representadas, pois desvalorizam os diagramas por acrescentarem complexidade (Feld, 2001).

Quando se pretende representar a decisão e as atividades que se seguem dependem da mesma, coloca-se no mapa do processo um diamante (\diamond) e através de setas representa-se o fluxo, dependente da decisão (Harmon, 2010).

A notação normalizada utilizada na representação de um mapa de processos encontra-se representada na Figura 11.

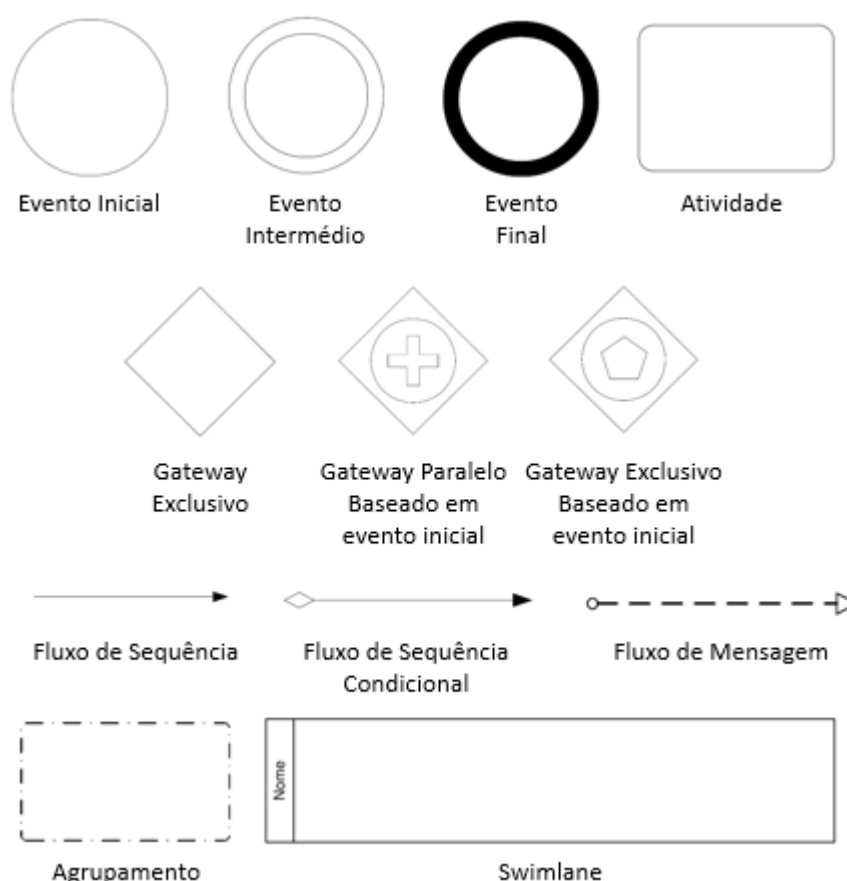


Figura 11 - Notação normalizada para os diagramas de processo

Com recurso a fluxogramas e *swimlanes* pretende-se obter uma representação visual do processo que possa ser usada para melhor compreender o fluxo de materiais e informação, mas também que sirva de alicerce para atividades de melhoria contínua.

O fluxograma é uma tipologia de representação esquemática de um processo sobre a forma de diagrama. Nestes ilustra-se sequencialmente o fluxo de operações de um processo produtivo.

O *swimlane* é a representação gráfica do fluxo de informação entre participantes. Este é dividido num conjunto de pistas horizontais, destinadas aos participantes do processo e sobre elas são apresentadas sequências de atividades realizadas entre os participantes.

Quando realizamos a análise de um processo, normalmente representa-se o estado inicial, sendo intitulado de diagrama de processo *As-Is*. Assim que se tem perceção de quais as atividades realizadas procede-se à sugestão de diferentes fluxos de trabalho, especulando na tentativa de encontrar um processo mais eficiente, criando um diagrama de processo *Could-Be*. Quando finalmente se concluí, através de diagramas *Could-Be*, qual a melhor alternativa a adotar com vista à otimização do processo, utilizamos o termo diagrama de processo *To-Be* para denominar a nova descrição do processo (Harmon, 2010).

2.4 Standard Work

O *standard work* é definido como o desenvolvimento de rotinas de trabalho padrão que sejam representativas do melhor método para as operações a realizar, conhecido até à data (Coimbra, 2009).

A melhoria do método e sequência significa atingir um estado de fluidez nos processos, minimizando ao máximo os movimentos dos operadores procurando executar as tarefas com qualidade no menor tempo possível. Segundo Coimbra (2009): “o foco deve manter-se na adição de valor ao produto, através de movimentos curtos e fluidos, evitando qualquer tipo de *stress*”.

Quando estabelecida a normalização das operações, estes padrões devem ser seguidos não existindo margem para improvisação, reduzindo assim a variabilidade na execução de tarefas (Marchwinski and John, 2003).

A implementação de uma nova ideia de melhoria como um novo *standard* para uma operação deve ser vista como uma meta para qualquer funcionário eficiente. A normalização de processos coloca-se assim como suporte fundamental para qualquer atividade de melhoria contínua e inovação (Liker, 2004).

Com a normalização do trabalho, segundo Dennis (2007), podem esperar-se os seguintes benefícios:

- Estabilidade do processo: assegura-se a repetibilidade do processo, resultando num maior conhecimento acerca do mesmo;
- Resolução de problemas: a normalização permite desenvolver conhecimento acerca das condições de operação, tornando-se mais simples o desenvolvimento de auditorias e identificação de problemas;
- Envolvimento dos trabalhadores: os trabalhadores são responsáveis pelo desenvolvimento das instruções de trabalho, suportados por um supervisor ou engenheiro;
- *Know-how* do processo: o conhecimento e perícia dos operadores mantem-se na organização;
- *Kaizen*: após alcançar a estabilidade abre-se espaço para o aperfeiçoamento dos mesmos;
- Formação: são desenvolvidas as bases para a formação dos trabalhadores.

2.5 Single Minute Exchange of Dies (SMED)

A metodologia *single minute exchange of die* posiciona-se como um caso especial do *standard work* em que se procura atingir reduções nos tempos de *changeover*. Este tempo corresponde à soma do tempo de *setup* e o tempo até atingida a 1ª peça ok numa produção.

Com recurso a esta metodologia onde se pretende atingir um tempo de *setup* igual a zero, uma organização terá à sua disposição uma enorme flexibilidade na produção, existindo a possibilidade de redução dos lotes, aumentar a produtividade e reduzir o *lead-time* (Coimbra, 2009).

O SMED foi um conceito desenvolvido por Shigeo Shingo (1985) onde são descritas teorias e técnicas utilizadas com o objetivo de realizar operações de mudança de ferramenta num minuto singular. Embora seja o objetivo da ferramenta é reconhecido que não se conseguem atingir reduções dessa ordem em todas as mudanças de referência, devendo, no entanto, ser alcançada a maior redução possível.

O primeiro desenvolvimento do conceito ocorreu na fábrica da Toyo Kogyo's Mazda, em 1950, onde se constatou que as atividades de troca de moldes poderiam ser distinguidas em dois tipos:

- Atividades internas: operações que apenas podem ser realizadas com a máquina parada;
- Atividades externas: operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

Etapas concetuais da metodologia

Shingo (1985) compõe a sua metodologia por quatro estágios concetuais, sendo o primeiro preliminar:

- Estágio preliminar: Não se distinguem atividades internas e externas

Nesta fase pretende-se observar e analisar em grande detalhe o processo, recorrendo a entrevistas com os operadores, cronómetro e filmagens. O objetivo é o de obter os parâmetros de tempo inicial das operações realizadas (Sugai, McIntosh, and Novaski 2007).

- Estágio 1: Separação das atividades internas e externas

Esta é a fase considerada a mais importante. Após a recolha e análise dos dados (tempos, movimentos e operações) procede-se à classificação das atividades em internas e externas, partindo para a organização das etapas, numa lógica de garantir que as atividades externas sejam realizadas com a máquina em funcionamento. Segundo Shingo (1985) é expectável uma redução entre 30 e 50% no tempo de *setup*.

- Estágio 2: Conversão das atividades internas em externas

A conversão das atividades passa por uma etapa inicial onde se devem reexaminar as operações, verificando se alguma foi erradamente classificada com interna. De seguida procura-se transformar operações internas em externas.

- Estágio 3: Melhoria contínua de cada operação básica

Aqui é dado ênfase à melhoria contínua de cada operação, interna e externa, analisando detalhadamente cada elemento que constitui uma atividade desenvolvendo-se ações no sentido de reduzir os tempos das operações.

Os estágios 2 e 3 podem ser realizados em simultâneo (Shingeo 1985). Este último estágio apresenta-se numa perspetiva de busca do minuto singular, que pode não ser alcançado nos dois primeiros estágios, sendo necessária a introdução do conceito de melhoria contínua em cada passo (Sugai, McIntosh, and Novaski 2007).

3 Mapeamento do processo produtivo de aglomerados de cortiça com borracha

O presente capítulo foca-se na análise e descrição do processo produtivo da área em que o projeto foi realizado, a *Cork Rubber Materials*, sendo ainda identificados os problemas recorrendo a ferramentas de análise.

3.1 As linhas Cork Rubber 1 e Cork Rubber 2

As linhas CR1 e CR2 encontram-se integradas na secção *Cork Rubber Materials*, CRM, e dedicam-se respetivamente à produção de blocos e cilindros aglomerados de cortiça com borracha.

A operação é contínua durante 5 dias por semana, dividida em 3 turnos, com a duração de 8 horas. Na linha CR1, Figura 12, os três turnos dedicam-se inteiramente à produção de blocos encontrando-se 6 operadores distribuídos desde o piso do *banbury* (piso 2), até ao piso térreo (piso 0), onde se encontram instaladas a maioria das operações de adição de valor do produto final.

Na linha CR2, Figura 12, durante o turno 1, são produzidos Cilindros Calandrados e *Ply-Up*, (não abordados no âmbito do mapeamento), e durante os turnos 2 e 3 é produzida a mistura mãe.

Para a produção de mistura mãe posicionam-se 3 operadores, um no piso do *banbury* (piso 2) e os restantes na homogeneização e pesagem da mistura (piso 0).

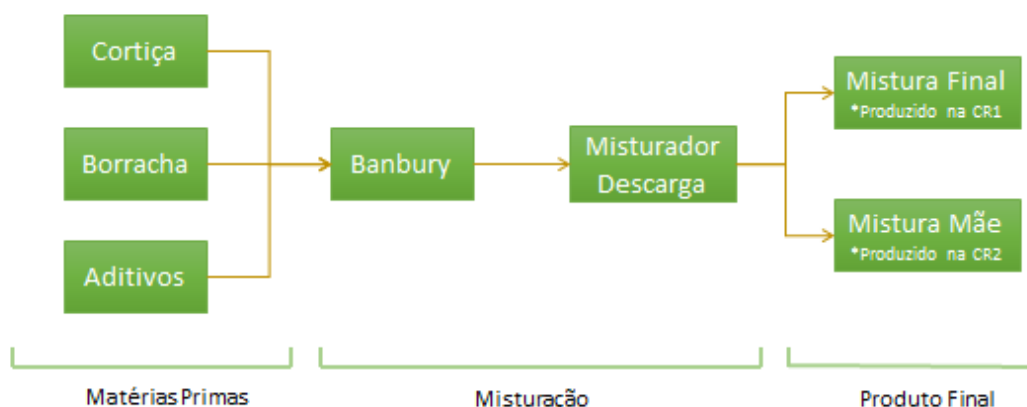


Figura 12 - Fluxograma elementar dos materiais produzidos na área CRM

3.2 Descrição dos produtos

Na produção de blocos aglomerados de cortiça com borracha, devido a limitações tecnológicas, existe a necessidade de separar o processo produtivo em duas fases: a produção da mistura mãe (*Master Batch*) seguindo-se a mistura final (*Final Mixture*).

3.2.1 Mistura Mãe (*Master Batch*)

Nesta fase do processo a borracha é processada em conjunto com alguns químicos, óleos e granulados, dependendo da fórmula em fabrico e o produto final assemelha-se a uma cauda de porco e por isso é denominado internamente de *pig*, tal como representado na Figura 13.



Figura 13 - Mistrura Mãe em stock (pig)

Os vários componentes (borracha, granulado, aditivos e óleos) são introduzidos no *banbury*, onde se realiza a mistura dos constituintes. Quando terminada a mistura interna é realizada a descarga da massa para o primeiro misturador, realizando-se a sua homogeneização, e em seguida dá-se início o processo de enrolamento da massa, formando-se os *pigs*.

Limitações do processo:

- Capacidade do *Banbury*: 160 litros
- Sonda *Banbury*: máximo 180 °C
- Balança de negros: máximo 60 kg
- Balança de caulino, carbonato cálcio e sílica: máximo 100 kg
- Balança de granulados: máximo 40 kg
- Balança de químicos: máximo 15 kg
- Balança de *Pigs*: máximo 40 kg
- Número de cacifos: 24 cacifos
- Capacidade cacifo: 220 litros

3.2.2 Mistura final (Final Mixture)

Normalmente esta é a fase do processo produtivo onde é adicionada a cortiça, em conjunto com aceleradores e vulcanizantes.

O produto final é o bloco aglomerado de cortiça com borracha, representado na Figura 14.

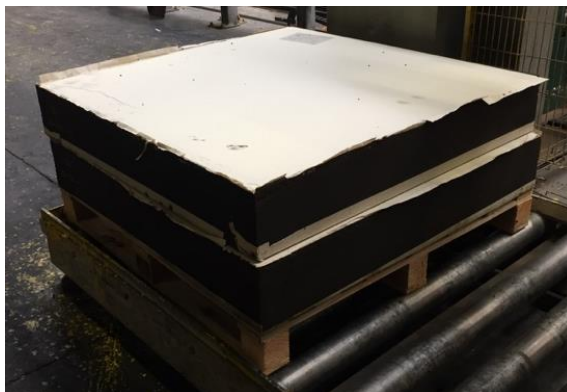


Figura 14 - Bloco aglomerado de cortiça com borracha

Numa lógica operatória semelhante à realizada aquando da produção de mistura mãe, os componentes (granulado de cortiça, aceleradores e vulcanizantes) são misturados no *banbury*, a mistura é descarregada e homogeneizada, seguindo-se a formação da banda, o empilhamento, o corte, a moldação e a vulcanização.

Limitações do processo:

- Capacidade do *Banbury*: 180 litros
- Sonda *Banbury*: máximo 180 °C
- Balança de granulados: máximo 40 kg
- Balança de químicos: máximo 10 kg
- Balança de óleos: máximo 50 kg
- Balança da prensa: máximo 300 kg
- Número de cacifos: 12 cacifos
- Capacidade cacifo: 220 litros
- Altura máxima no empilhamento: 300 mm
- Dimensão máxima para o bloco: 1430 x 1150 mm
- Cadência: 107 blocos/dia

3.3 Descrição do processo produtivo da linha Cork Rubber 1

A linha produtiva encontra-se instalada ao longo de quatro pisos e uma parte exterior onde se situam os ciclones e o ciclo filtro. A sua atividade concentra-se maioritariamente no piso 0, onde se podem encontrar a maioria das etapas de transformação, apresentando-se acima destas as etapas de preparação e realização da misturação. Para melhor evidenciar a disposição dos equipamentos pode ser visualizada a Figura 15.

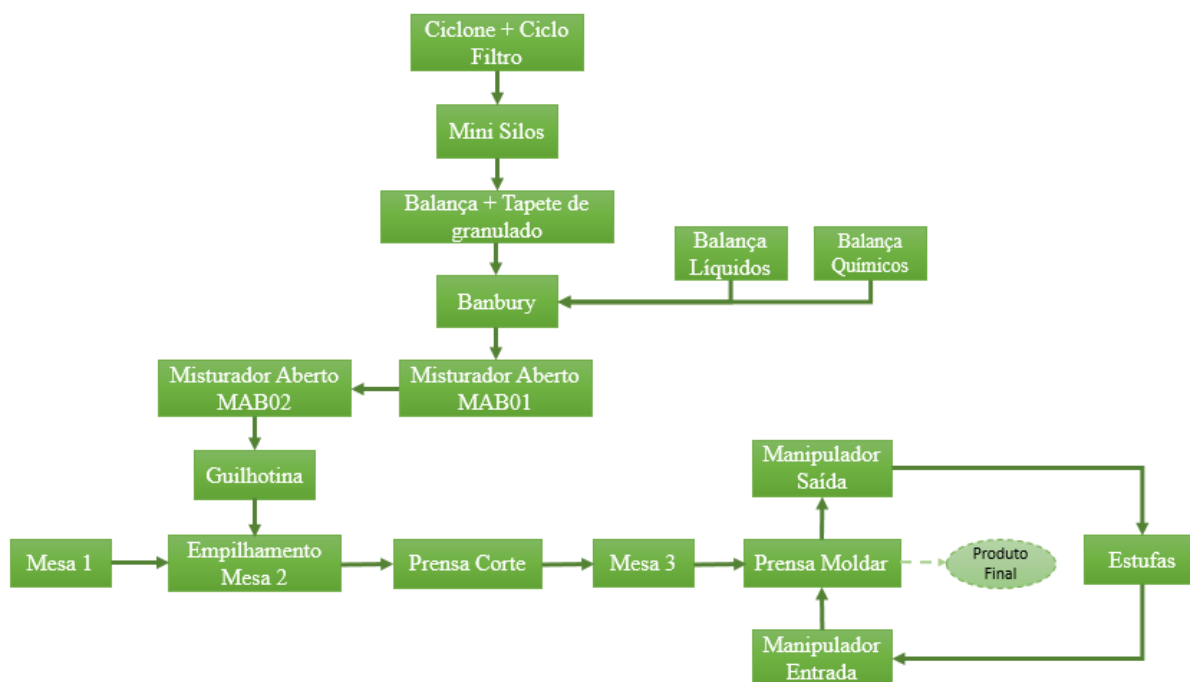


Figura 15 - Disposição de equipamentos na linha CR1

Ciclones Industriais

O granulado de cortiça proveniente da secção dos granulados (*Grain Materials Technology*) é transportado através de condutas até ao topo do pavilhão na secção CRM. Existem três tipologias distintas de granulado 0.5/1, 1/2, 2/3, conduzidos através de uma canalização única até ao local onde se encontram instalados três ciclones industriais e um ciclo filtro.

A função dos ciclones industriais, Figura 16, é a da extração das partículas sólidas em suspensão. No reservatório, sobre o granulado são exercidas forças centrífugas, sendo as partículas de maior dimensão projetadas contra as paredes do ciclone, realizando-se a separação das impurezas. Na parte inferior do ciclone situa-se a eclusa, responsável pela regulação e doseamento da passagem de granulado, obstruindo a passagem de ar no sentido ascendente.

O elemento filtro é responsável pela eliminação das partículas sólidas que não realizam o movimento descendente e eventuais impurezas existentes no sistema.



Figura 16 - Ciclones industriais

Mini silos de granulado

No quarto piso encontram-se quatro mini silos, Figura 17, cada um deles destinado a uma tipologia diferente de granulado e existe um mini silo para cada uma das granulometrias utilizadas microfinos, 0.5/1, 1/2 e 2/3.

No interior de cada mini silo pode encontrar-se um agitador que promove o movimento das partículas no seu interior e no extremo inferior localiza-se um sem-fim doseador. A jusante do sem-fim existe ainda uma válvula borboleta que impede a sobredosagem aquando da extração de granulado. Por forma a garantir a não ocorrência de sub ou sobredoseamento no interior dos depósitos existem dois sensores de nível.



Figura 17 - Mini silos de granulado

Balança de granulados e tapete transportador

O granulado proveniente da trituração é transportado para o interior do mini silo correspondente à sua granulometria por um sistema de transporte comum a todas as dimensões de grão.

Conforme a ordem em fabrico, o operador do *banbury* carrega a balança de granulados (BAL212), Figura 18, com o peso prescrito na fórmula e é então transportada essa quantidade de granulado de cortiça para o interior da câmara de mistura do *banbury* por intermédio de um tapete de transporte.



Figura 18 - Balança e tapete transportador de granulado

Especificações Técnicas:

- Silos de granulados:
 - SIL129: 0,5/1
 - SIL127: 1/2
 - SIL128: 2/3
 - SIL130: Microfinos
- Balança BAL212
 - Gama de medição: 0 – 40 kg
 - Resolução: 100 g
 - EMA: Até 20 kg \pm 100 g;
Entre 20 a 29 kg \pm 200 g;
Mais 29 kg \pm 300 g

Balança de líquidos

Nas fórmulas fabricadas na linha CR1 recorre-se a dois tipos de óleos, o aromático e o D.O.P, pesados nas balanças representadas na Figura 19.

Estes são utilizados para facilitar a incorporação dos demais aditivos e proporcionar menor desenvolvimento de calor durante a mistura.



Figura 19 - Balanças de óleos

Especificações Técnicas:

D.O.P.

- Balança BAL213
 - Gama de medição: 0 – 50 kg
 - Resolução: 1 g
 - EMA: ± 100 g

Óleo Aromático

- Balança BAL184
 - Gama de medição: 0 – 50 kg
 - Resolução: 1 g
 - EMA: ± 100 g

Balança de químicos

Pode ser realizada em modo automático, através do sistema de cacifos, Figura 20, ou em modo manual, no caso de não existir cacifo com o produto em utilização.

A distribuição dos químicos pelos cacifos depende da rotatividade dos produtos. Os produtos mais utilizados encontram-se mais próximos da zona de admissão da balança.

A pesagem dos produtos químicos é feita em sacos de plástico, com 0,03 mm de espessura, ou em casos especiais em sacos EVA.



Figura 20 - Cacifos da linha CR1

Especificações Técnicas:

- 65 produtos químicos
- Balança BAL188
 - Gama de medição: 0 – 10 kg
 - Resolução: 1 g
 - EMA: ± 15 g
- Pesagens manuais: Balança BAL181
 - Gama de medição: 0 – 120 kg
 - Resolução: 10 g
 - EMA: Até 50 kg ± 150 g ; Mais 50 kg ± 500 g

- A colocação de químicos em cacifo obedece aos seguintes critérios:
 - Rotatividade dos produtos;
 - Capacidade do sistema para escoar o produto;
- Cacifos
 - Capacidade: 220 L/cacifo
 - Linha 1: 12 cacifos
 - Linha 2: 24 cacifos

No Anexo A apresentam-se as especificações de funcionamento dos cacifos das linhas CR1 e CR2.

Misturador fechado

Cada mistura tem uma sequência de operações a serem realizadas: dosagens, temperaturas de mistura e tempos de produção.

Os vários componentes (*pigs*, granulado e aditivos) são introduzidos no *banbury*, Figura 21. Na câmara de mistura, os ingredientes são triturados pelos rotores ao mesmo tempo que é exercida sobre eles pressão através do pilão para uma mistura mais eficaz. Quando a temperatura teórica da fórmula ou o tempo de mistura são atingidos, é aberta a porta de descarga, sendo conduzida a mistura até ao primeiro misturador aberto.



Figura 21 - *Banbury* da linha CR1

Especificações Técnicas:

- Capacidade: 180 L
- Refrigeração com água
- Sonda ST189
 - Gama de medição: 80 a 180 °C
 - Resolução: 0,1 °C
 - EMA: ± 5 °C
- Set-points
 - Temperatura de controlo da mistura: 160 °C
 - Temperatura de vigilância da mistura: 180 °C
 - Temperatura dos mancais: 0 a 50 °C
- Tempo e força aplicados sobre a mistura dependem das referências em produção.

Misturador aberto de homogeneização

O misturador MAB01, Figura 22, é composto por dois cilindros que operam em sentidos opostos e sobre os quais a mistura é passada de forma a ser arrefecida e homogeneizada.

O espaçamento entre cilindros depende da fórmula em trabalho, e deve ser tal que facilite a aderência da massa aos cilindros e a homogeneização da mistura. Para potenciar a aderência das massas recorre-se ainda à utilização de leite em pó dissolvido em água e à regulação das águas de refrigeração.



Figura 22 - Homogeneizador de descarga (MAB01)

Nesta etapa não existe grande rigor dimensional em termos da largura e espessura da massa. O objetivo é manter uma cadência constante e suficiente de material no segundo misturador MAB02, Figura 23.

Especificações Técnicas:

- Espaçamento entre cilindros: 1 - 12
- Velocidade de rotação é variável
- Refrigeração com água proveniente da torre de arrefecimento
- Pressão de trabalho das facas: 0,3 MPa

Misturador aberto de formação de banda

Nesta etapa é dada a espessura final à banda. Deve assegurar-se uma admissão constante e suficiente de massa neste misturador por forma a evitar-se a formação de porosidades ou enchimentos mal efetuados.

Os operadores desta posição, assim como o da posição seguinte, são responsáveis pela análise de defeitos superficiais, como porosidades ou contaminações (de granulado ou outros), garantindo que não passam para a fase do empilhamento.

O espaçamento entre facas, depende do molde a utilizar na ordem de fabrico em questão.



Figura 23 - Misturador aberto de formação de banda (MAB02)

Especificações Técnicas:

- Espaçamento entre cilindros: 0- 9
- Velocidade de rotação é variável por forma a facilitar a entrada de massa no misturador, evitando a formação de porosidades ou mal cheios
- Refrigeração com água proveniente da torre de arrefecimento
- Espaçamento entre facas corresponde à ordem em fabrico
- Pressão de trabalho das facas: 0,3 MPa
- Caso se verifique alguma contaminação de cor diferente, má mistura, grãos de dimensão superior, porosidades, manchas de óleo, matéria-prima mal misturada ou outros, deixar a mistura homogeneizar mais tempo nos rolos ou alertar as chefias.

Corte na guilhotina

A banda formada no segundo misturador é transportada através de um tapete até à zona de corte, Figura 24. Neste tapete existe a guilhotina, seguida de um segundo tapete transportador, no qual se encontra posicionado o sensor dimensional de ativação da guilhotina. O posicionamento deste sensor é regulável e depende da referência em fabrico. Com o auxílio de uma pinça mecânica as folhas com uma forma retangular ou quadrada são transportadas para o empilhamento.



Figura 24 - Tapete transportador de banda e guilhotina

Especificações Técnicas:

- Distância sensor-guilhotina é dependente da dimensão da ordem de fabrico
- Velocidade do tapete é constante e diferente da que se verifica no tapete de transporte onde existe a formação de banda. Isto pode provocar defeitos na parte inferior do tapete.
- Cadência: 7 folhas/min.

Empilhamento

Através de movimentos segundo o eixo vertical e horizontal a folha de massa a ser empilhada é transportada desde a zona de corte na guilhotina até uma mesa elevatória, Figura 25. O curso horizontal da pinça de transporte deve ser ajustado à dimensão da ordem de produção e para se garantir esse posicionamento preciso na chapa de transporte recorre-se ao auxílio de um batente onde a massa irá assentar. O ajuste do movimento horizontal da pinça é realizado no painel de comandos enquanto o ajuste do batente é manual.



Figura 25 - Empilhamento

Após se obter o peso desejado para a ordem em fabrico na mesa elevatória 2, a chapa avança para a mesa da prensa.

Especificações Técnicas:

- Balança 211
 - Gama de medição: 0 – 300 kg
 - Resolução: 100 g
 - EMA: ± 500 g
- Curso da pinça dependente da dimensão em fabrico.
- Posição dos roletes: forma quadrada ou retangular
- Posicionamento do batente dependente da referência em fabrico.
- Altura máxima no empilhamento: 300 mm
- Cadência: 4 min./bloco

Mesas elevatórias para o transporte de chapas

As mesas 1 e 3, de acionamento hidráulico, servem para auxiliar o transporte das chapas metálicas ao longo do processo, desde o empilhamento, ao corte até à moldação.

A mesa 1 serve para manter uma chapa metálica vazia pronta para avançar para a zona de empilhamento (mesa 2) quando nesta é atingido o peso requerido para o bloco pré-cortado. Assim, quando o valor estabelecido para o peso no empilhamento é alcançado, a chapa metálica que se encontra na mesa 2 avança para a prensa de corte, onde é realizada a operação de corte e a chapa em espera na mesa 1, avança para a mesa 2.

Na mesa 3, encontrava-se uma chapa metálica proveniente da moldação, em espera, que é transportada por um sistema de rolos para a mesa 1.

Em seguida, a chapa que se encontrava na prensa de corte é transportada para a mesa 3 para que seja encaminhada para a moldação.

Especificações Técnicas:

- Capacidade de carga: 750 kg

Prensa de corte

O bloco proveniente do empilhamento (mesa 2), é transportado por meio de um sistema de rolos até à mesa da prensa, Figura 26, onde o transporte passa a ser levado a cabo por duas cintas de guiamento. O posicionamento da chapa metálica carregada com o bloco em bruto é garantido por meio de dois batentes, dois pinos metálicos salientes na mesa da prensa.

Finalizado o posicionamento da chapa metálica, dá-se início à descida do cortante e do calcador e é então realizado o corte. São removidas as aparas resultantes do corte e é iniciado o movimento de subida do calcador e do cortante.

Seguidamente, procede-se à pesagem (BAL214) e medição de altura do bloco. Estando este em conformidade com as tolerâncias estabelecidas para a referência em produção, o bloco avança para a mesa 3.

Ainda nesta etapa do processo, é recolhida uma amostra do bloco em fabrico e sujeito à análise reométrica (Anexo B).

As aparas removidas no corte são novamente introduzidas no processo de mistura na fase de homogeneização, misturador 1.



Figura 26 - Prensa de corte

Especificações Técnicas:

- Balança BAL214
 - Gama de medição: 0-300 kg
 - Resolução: 100 g
 - EMA: ± 500 g
- Dimensão da mesa da prensa:
1430 x 1150 mm
- Fita métrica para controlo de altura dos blocos:
 - Gama de medição: 0 – 2 m
 - Resolução: 0,05 m
- Tipologias de cortantes:
 - 1270 x 1040 mm
 - 1000 x 1000 mm
 - 928 x 928 mm
 - 914 x 914 mm
 - 1270 x 760 mm
 - 1270 x 660 mm
 - Rodas
- Cadência: 1,5 min./bloco

Prensa de moldes

O bloco proveniente do corte é transportado através da mesa 3 para a zona de entrada da prensa de moldar, Figura 27. Por intermédio do “empurra blocos”, este é arrastado para o interior do molde e com a ajuda do operador é colocado no seu interior. A base do bloco é descida seguida da tampa. É realizada uma ligeira compressão nos blocos, suficiente para que seja possível a inserção das cavilhas que asseguram o fecho do molde. Esta compressão, deverá não ser excessiva pois poderá colocar em causa as propriedades mecânicas dos blocos, embora seja a sensibilidade do operador que determina o grau de compressão a que o bloco é sujeito, pois o limite do curso da prensa na operação de descida é superior ao necessário para que seja realizada uma compressão ideal. Segue-se o avanço do fecha cavilhas, no caso automático, ou a inserção de cavilhas, no caso manual.



Figura 27 - Prensa de moldes

Por fim, é dada a ordem de avanço do molde para a zona de preparação para entrada na estufa.

Após o processo de vulcanização, o bloco é colocado na zona de saída das estufas. Por intermédio de uma garra mecânica o molde é transportado para a admissão da prensa de moldes. O molde é então transportado para a mesa da prensa por intermédio de um tapete de correntes, realiza-se o movimento de descida da prensa, são avançados os hidráulicos prendendo a tampa do molde e ao mesmo tempo removem-se as cavilhas. O molde é aberto e a sua base é elevada por forma a facilitar a remoção do bloco. Para cada dimensão de molde existe um moldador característico, tal como pode ser visto na Tabela 1.

Com recurso a uma pinça o bloco é retirado do molde e colocado na área de paletização. Os blocos já vulcanizados e retirados dos moldes são colocados sobre uma palete, sendo os blocos identificados com data de fabrico e a referência.

Na Tabela 1 pretende descrever-se os moldadores existentes na linha CR1, identificando as tipologias de molde em que podem ser utilizados.

Tabela 1 - Moldadores existentes na linha CR1

| | CAF | CAB | CAD | CAE | CAH | Rodas |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Moldador 1 | X | | | | | |
| Moldador 2 | | X | | | | |
| Moldador 3 | | | X | | | |
| Moldador 4 | | | | X | | |
| Moldador 5 | | | | | | X |
| Moldador 6 (Auto) | | | X | | | |
| Moldador 7 (Auto) | X | | | X | X | |

Na Tabela 2 apresentam-se os moldes disponíveis na linha CR1, categorizados por dimensão.

Tabela 2 - Moldes existentes na CR1

| Molde | Dimensão | Tipologia | N.º Moldes | N.º Carros |
|-------|-------------|------------|------------|------------|
| CAF | 1000 x 1000 | Manual | 27 | 16 |
| CAF | 1000 x 1000 | Automático | 50 | |
| CAB | 1270 x 660 | Manual | 50 | 10 |
| CAD | 1270 x 760 | Manual | 55 | 14 |
| CAD | 1270 x 760 | Automático | 27 | |
| CAE | 915 x 915 | Manual | 60 | 24 |
| CAE | 915 x 915 | Automático | 60 | |
| CAH | 1270 x 1040 | Automático | 40 | 8 |
| | Rodas | Manual | 10 | 2 |

Vulcanização e arrefecimento dos moldes

A vulcanização tem lugar no interior das estufas, Figura 28, onde os moldes são aquecidos até à temperatura de 162°C e mantidos no interior durante um período entre 7 e 10 horas, dependendo da mistura final e da dimensão dos blocos. Dá-se então o processo de polimerização, sendo conferidas ao bloco as características mecânicas e de forma pretendidas.

A área destinada à vulcanização da linha CR1, Figura 29, é constituída por três estufas e oito linhas, das quais cinco são de arrefecimento. A temperatura nas estufas é monitorizada com recurso a três sensores de temperatura colocados na entrada, centro e saída de cada uma das estufas.



Figura 28 - Zona das estufas da linha CR1

Especificações Técnicas:

- Capacidade das estufas: 7 vagões
- Capacidade dos vagões: 5 moldes
- Número de moldes dentro da estufa: 35 moldes

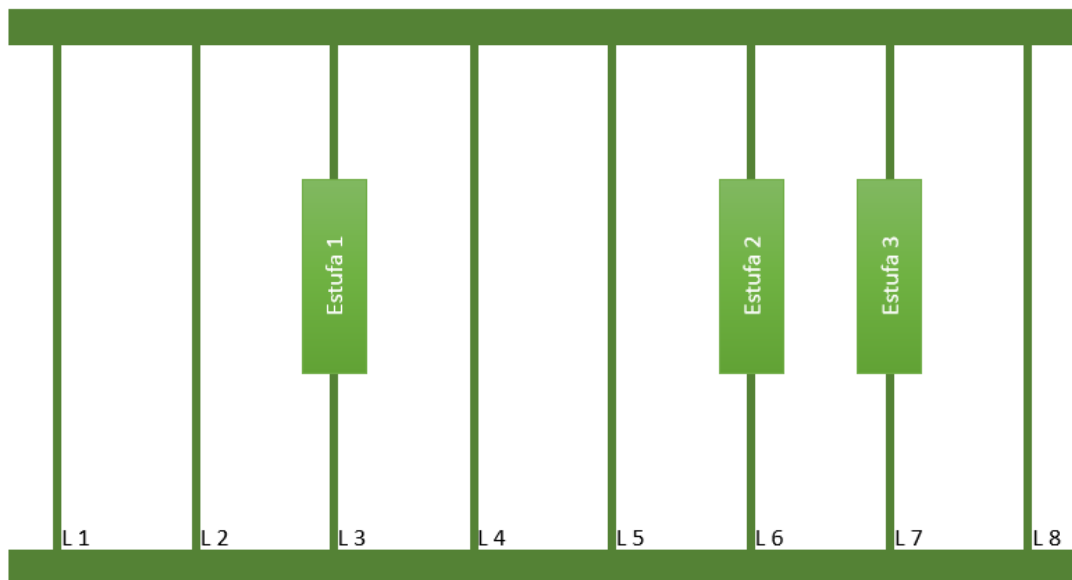


Figura 29 - Esquema da zona das estufas na linha CR1

3.4 Fluxograma do processo de aglomeração de blocos

Com recurso ao instrumento gráfico de modelação de processos, o fluxograma, apresenta-se neste ponto o fluxo de material nas duas fases necessárias para a produção de blocos aglomerados de cortiça com borracha.

3.4.1 Produção de Mistura Mãe

A produção de mistura mãe, divide-se por dois andares produtivos, o piso 2, onde podemos encontrar a zona de preparação das matérias-primas e a entrada do misturador fechado, e o piso 0, onde se encontram estabelecidas as etapas de homogeneização, pesagem e empilhamento. A distribuição das atividades e dos operadores no processo encontra-se descrito na Figura 30.

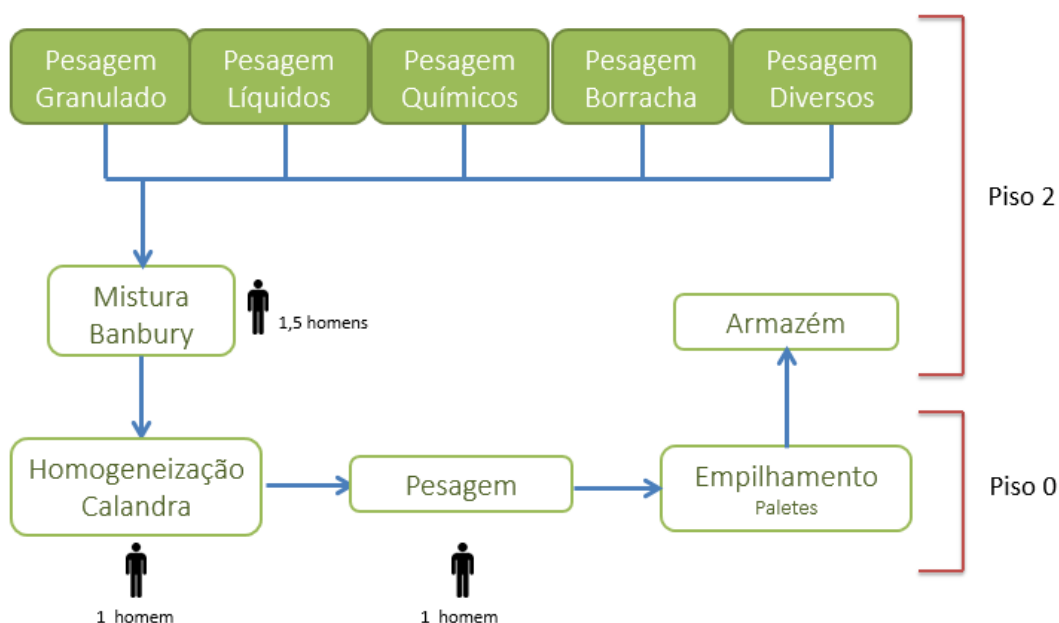


Figura 30 - Fluxograma da produção de mistura mãe

3.4.2 Produção de Mistura Final

As operações necessárias para a produção da mistura final, Figura 31, desenvolvem-se ao longo de dois andares.

No piso 2, localiza-se a zona de admissão de matérias-primas e a porta de abastecimento do misturador fechado. É nesta fase do processo que é realizada a pesagem dos componentes das misturas. Os componentes são introduzidos no *banbury* onde se realiza a sua misturação

No piso 0, onde se encontra instalada a maior parte das etapas do processo, segue-se a homogeneização desta em misturador aberto. Com recurso a um tapete de transporte a mistura é transferida para um segundo misturador aberto onde se realiza a formação da banda. Esta é sujeita ao corte na guilhotina, resultando no final desta etapa folhas de massa de cortiça aglomerada com borracha, que é então, com recurso a uma pinça, empilhada até perfazer as dimensões requeridas. Em seguida surge a etapa do corte na prensa onde o bloco toma a forma final. Por forma a serem garantidas as especificações dimensionais, o bloco é introduzido em molde e então submetido à etapa de vulcanização.

Finalmente, é realizada a desmoldação do bloco e este encontra-se pronto para expedição.

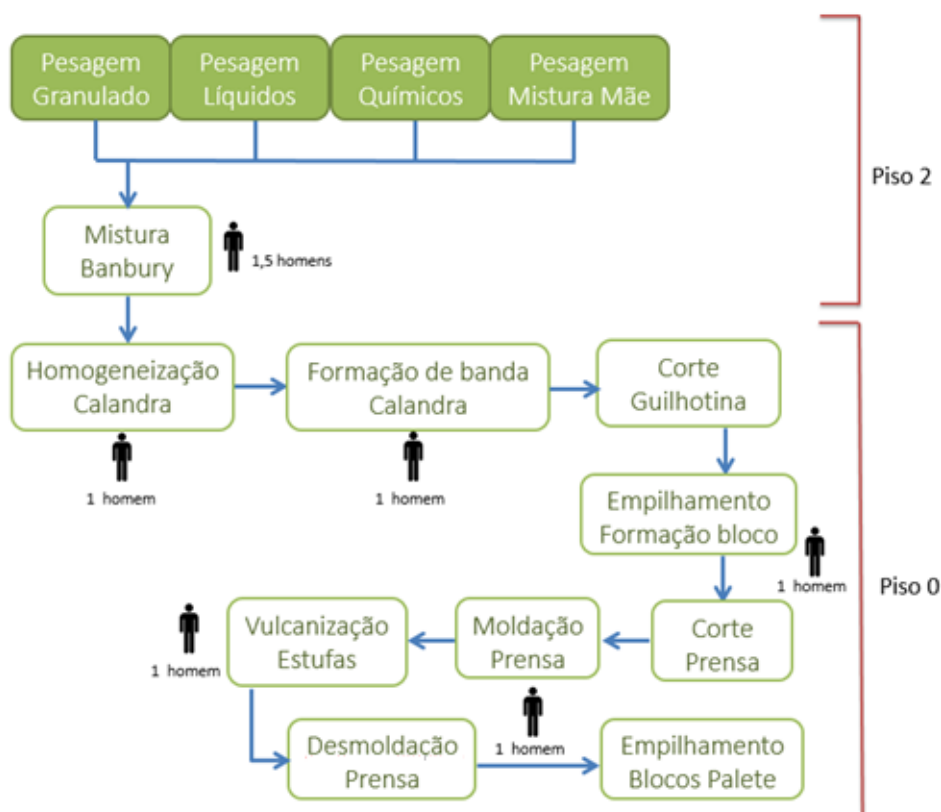


Figura 31 - Fluxograma da produção de mistura final

3.5 Variáveis críticas

Seguindo uma lógica de análise 6M, são categorizados de forma resumida os problemas identificados na área *Cork Rubber Materials*, no processo de produção de blocos aglomerados de cortiça com borracha.

- **Meio-Ambiente:**

Na Tabela 3, encontram-se resumidos os problemas e respectivas consequências em termos ambientais.

Tabela 3 - Identificação dos problemas da linha em termos ambientais

| Problema | Consequências |
|---|---|
| Temperaturas elevadas na secção | Eficiência baixa; Desconforto dos operadores |
| Fumos e poeiras no ar | Desconforto; Problemas respiratórios |
| Falta de ergonomia em alguns postos de trabalho | Desconforto; Baixa eficiência |
| Falta de espaço para operar nas máquinas | Desconforto; Baixa eficiência |

- **Máquina:**

Na Tabela 4, encontram-se descritos problemas e respectivas consequências no que diz respeito às máquinas a operar na CR1.

Tabela 4 - Identificação dos problemas da linha em termos de máquinas

| Problema | Consequências |
|---|---|
| Dificuldade no escoamento de matérias-primas dos cacifos | Baixa eficiência; Produto fora da especificação |
| <i>Banbury</i> linha 1: Máquina dos anos 50 com folgas/fugas | Contaminações; Fugas de óleo; Má dispersão |
| <i>Banbury</i> linha 1: Falta de limpeza devido à existência de ângulos mortos inalcançáveis, dificultando o seu acesso | Contaminações |
| Fugas de granulado no abastecimento do <i>Banbury</i> | Propriedades fora da especificação |
| Corte na prensa: Possibilidade de variação dos parâmetros da máquina | Propriedades fora da especificação |
| Prensa de moldes constituída por um conjunto complexo de elementos, originando paragens sucessivas | Baixa eficiência |
| Taxa de avarias elevada | Paragens excessivas na linha; Baixa eficiência |

- **Método:**

Os problemas e respetivas consequências resultantes do método utilizado na produção encontram-se descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Identificação dos problemas da linha em termos de método

| Problema | Consequências |
|--|--|
| Falta de normalização de processos (instruções de trabalho) | Tarefas feitas de forma diferente; Aumento da taxa de defeitos; Baixa eficiência |
| Processo de enrolamento de pigs | Baixa eficiência |
| Tempos de <i>setup</i> elevados | Baixa eficiência |
| Não há registo de todas as pesagens manuais realizadas no piso do <i>Banbury</i> | Propriedade fora da especificação |
| Rever a relação entre espaçamento de calandra, número de folhas, peso e altura | Baixa eficiência |
| Utilização de palete em madeira na alteração do cortante | Contaminações |
| Altura de prensagem na prensa de moldes é manual | Propriedade fora da especificação |
| Falta de limpeza na mudança de referências, limpeza insuficiente ou desadequada | Contaminações |

- **Mão-de-obra:**

No que respeito diz à mão-de-obra, na Tabela 6, mostram-se quais os problemas e consequências identificados.

Tabela 6 - Identificação dos problemas da linha em termos de mão-de-obra

| Problema | Consequências |
|--|---|
| Falta de treino e formação | Eficiência baixa; Elevadas rejeições (porosidades, contaminações) |
| Falta de conhecimento/espírito crítico das implicações das variações aos processos | Propriedades fora da especificação |

- **Medição:**

Na categoria Medição, identificaram-se os problemas e consequências apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Identificação dos problemas da linha em termos de medição

| Problema | Consequências |
|---|--|
| Registo manual do peso dos blocos | Baixa eficiência |
| Controlo de altura do bloco após o corte é realizado por intermédio de uma fita métrica, e o operador efetua esta operação de forma desaproprada devido à falta de ergonomia do local de trabalho | Erro de medição; Propriedade fora da especificação; Baixa eficiência |
| Sonda de temperatura do <i>Banbury</i> da linha CR1 | Propriedades fora da especificação |

- **Materiais:**

Por último, no que diz respeito aos materiais, foram identificados os problemas expostos na Tabela 8, assim como as consequências que destes advêm.

Tabela 8 - Identificação dos problemas da linha em termos de materiais

| Problema | Consequências |
|--|------------------|
| Fardos de borracha natural e <i>pigs</i> colados | Baixa eficiência |
| Humidade excessiva dificulta a o escoamento de matérias-primas | Baixa eficiência |
| Falta de identificação de materiais e fornecedores | Contaminações |
| Granulados de cortiça contaminados com pedras e sujidades | Contaminações |

3.6 Matriz Causa-Efeito

Recorrendo a este instrumento de análise de problemas, onde se representam escamas, que descrevem os fatores que dão origem ao problema, categorizam-se em duas classes os problemas na CR1, os relacionados com a eficiência e os de qualidade. Nas Figuras 32 e 33 podem visualizar-se os diagramas construídos para a linha em estudo.

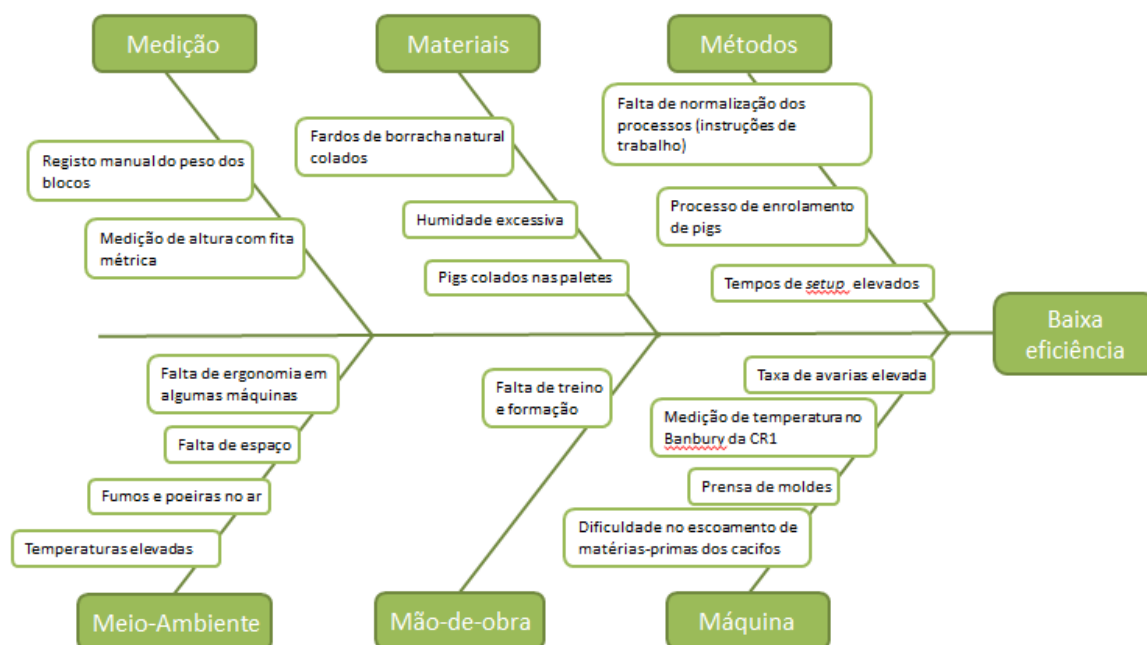


Figura 32 - Diagrama de Causa-Efeito: Identificação das causas da baixa eficiência

Um dos problemas identificados na CRM é a baixa eficiência em comparação com os *standards* alcançados pelas indústrias concorrentes. Recorrendo ao diagrama de *Ishikawa*, representado na Figura 32, pode constatar-se que as causas para essa baixa eficiência estão relacionadas com as condições de trabalho na área, com a forma como as matérias-primas são acondicionadas, com a operação e com a falta de normalização e com os tempos elevados de paragem, principalmente influenciados pelos *setups* e pela taxa de avarias.

No sentido de atenuar o impacto deste problema, deve ser definido um procedimento operacional normalizado, assim como os parâmetros de funcionamento das máquinas, de forma a motivar a repetibilidade das tarefas. Adicionalmente, o desenvolvimento de ações no sentido da implementação de boas práticas de manutenção dos equipamentos, incentivando-se a limpeza e o acompanhamento dos equipamentos através da aplicação de manutenção de 1º nível, assim como o desenvolvimento de um plano de intervenção preventiva.

As temperaturas elevadas, a falta de espaço e o fato de esta ser uma área onde se verifica a exposição dos operadores a fumos e poeiras, criando mal-estar e diminuindo a eficiência.

O segundo principal problema identificado na CRM prende-se com a qualidade e percentagem de defeitos. Mantendo em mente o objetivo de alcançar “zero defeitos”, apresenta-se no diagrama de *Ishikawa* da Figura 33, as causas para a existência de defeitos.



Figura 33 - Diagrama de Causa-Efeito: Identificação das causas para a qualidade não OK

Através da análise da Figura 33, pode destacar-se a existência de dificuldades no controlo de processo, resultando numa liberdade incompatível com um processo em controlo na execução das tarefas, e a dificuldade em medir ou a inexistência de metodologias implementadas para realizar o controlo das variáveis que influenciam o processo produtivo, originando produtos fora da especificação.

A falta de limpeza e a existência de fugas nas máquinas destinadas à mistura resulta na contaminação dos produtos produzidos, aumentando as rejeições.

4 Proposta de melhoria

Durante a fase de análise do processo produtivo foi identificado um conjunto de problemas na *Cork Rubber Materials*, sendo neste capítulo apresentadas propostas de melhoria colocadas à consideração dos operadores, das chefias e do diretor industrial.

4.1 Redução dos tempos na mudança de referência

Após realizar uma análise aos tempos de paragem da CR1 no ano de 2017, Figura 34, são perceptíveis as horas dedicadas à mudança de série, que constitui o conjunto de tempos de paragem de maior relevo na linha.

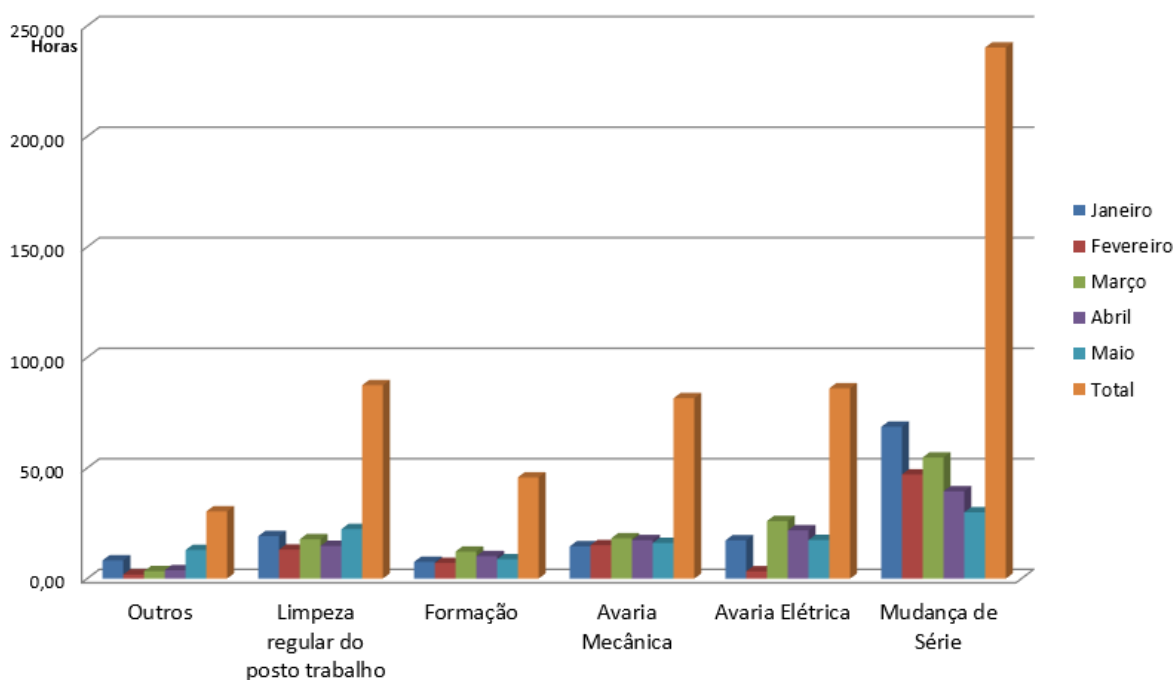


Figura 34 - Tempos de paragem na linha CR1 no ano de 2017

As mudanças de série dizem respeito às operações de mudança de cortante, mudança de moldador, limpeza e preparação no piso do *banbury*, sendo os dois primeiros representativos de maior constrangimento.

4.1.1 Moldador único na prensa de moldes

Atualmente recorre-se à utilização de sete moldadores diferentes para a realização da operação de abertura e fecho dos moldes. Verifica-se também que o mesmo moldador, para moldes automáticos, é utilizado para três dimensões distintas de cortantes (CAE, CAF e CAH).

Assim, sugere-se avançar no sentido de desenhar um moldador único para todas as tipologias de moldes eliminando a necessidade de *setup*, que representa cerca de 80% do tempo dedicado à mudança de referência no ano de 2017.

A ideia passa por adaptar as tampas dos moldes, Figura 35 à esquerda, para que estas suportem o engate pneumático frontal, para a forma apresentada na Figura 35 à direita, e os pontos de contacto do moldador.

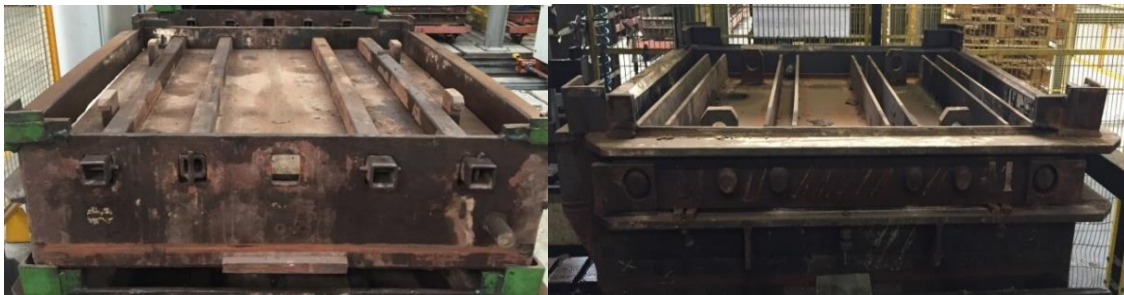


Figura 35 - Molde de cavilhas (esquerda) e molde automático (direita)

Para além da alteração das tampas surge a necessidade de adaptação do moldador que deve apresentar a dimensão 1270 x 660 mm, de forma ser capaz de moldar todas as dimensões de moldes.

A alteração sugerida prevê um investimento na alteração das tampas dos moldes orçamentado em 25.110,00 € e um investimento num novo moldador cujo valor se encontra em estudo.

Prevê-se com esta alteração um aumento da disponibilidade na linha de 73% para 82%, traduzindo-se isto em 8,8 dias de trabalho até ao final do mês de Maio.

Sugere-se a realização das adaptações nas tampas dos moldes de forma faseada, diluindo assim o impacto desta medida.

4.1.2 SMED na prensa de corte

O tempo dedicado à mudança de cortante representa cerca de 20% do tempo total de mudança de referência. Embora seja menos significativo que o dedicado à mudança de moldador, revelou-se oportuno desenvolver uma atividade de SMED.

Numa primeira fase realizou-se uma análise dos tempos dedicados à alteração do cortante no primeiro e no segundo turnos, concluindo-se que variava entre 8 e 10 minutos, não existindo uma normalização no processo de mudança transversal a todos os turnos.

Partindo para a reorganização das tarefas de alteração do cortante conseguindo-se uma otimização na operação, passando a realizar-se a mudança em 6 minutos, tal como apresentado na Figura 36.

Tarefas Internas

| Ordem | Tarefa | Operador | Ferramenta | Tempo Normalizado |
|---------------------------------|---|----------|------------|-------------------|
| 1 | Colocar palete, chapa e calço | A | Empilhador | 00:00:30 |
| 2 | Ordem para descer calcador e cortante | B | | 00:00:15 |
| 3 | Retirar cavilhas | A e B | Marreta | 00:00:30 |
| 4 | Ordem para subir suporte de cortante e calcador | B | | 00:00:10 |
| 5 | Retirar cortante | A | Empilhador | 00:01:30 |
| 6 | Colocar novo cortante | A | Empilhador | 00:01:30 |
| 7 | Ordem para descer calcador | B | | 00:00:10 |
| 8 | Ordem para descer suporte de cortante | B | | 00:00:15 |
| 9 | Inserir cavilhas | A e B | Marreta | 00:00:30 |
| 10 | Ordem para subir calcador e cortante | B | | 00:00:10 |
| 12 | Retirar palete e chapa | A | | 00:00:30 |
| Tempo total de tarefas internas | | | | 00:06:00 |

Tarefas Externas

| Ordem | Tarefa | Operador | Ferramenta | Tempo Normalizado |
|---------------------------------|---|----------|------------|-------------------|
| 1 | Preparar ferramentas | B | Marreta | 00:00:15 |
| 2 | Preparar palete, chapa e calço | A | Empilhador | 00:00:30 |
| 3 | Colocar novo cortante na zona de admissão da prensa | A | Empilhador | 00:00:30 |
| 4 | Guardar cortante retirado | A | Empilhador | 00:00:30 |
| 5 | Guardar ferramentas | B | Marreta | 00:00:15 |
| Tempo total de tarefas externas | | | | 00:02:00 |

Operador A: Pivô do turno em operação

Operador B: Operador da prensa de corte da linha 1

Figura 36 - Normalização na mudança de referência

Contudo, as maiores parcelas temporais encontram-se alocadas à centragem, introdução e remoção do cortante da mesa da prensa. Para atuar sobre estes tempos, existe em desenvolvimento uma solução para uma mesa de apoio onde possa ser colocado o cortante e então avançar para a mesa da prensa posicionado sobre uma paleta metálica universal guiada lateralmente por forma a realizar a centragem do cortante.

Embora não tenho sido possível comprovar as melhorias desta nova mesa, espera-se obter uma redução significativa nas parcelas dedicadas à colocação e centragem.

4.2 Normalização do processo

A *Amorim Cork Composites* durante o seu processo de reestruturação deparou-se com a necessidade de estabelecer *standards* de produção.

A normalização de processos coloca-se como a solução, por existirem formas diferentes de realizar algumas tarefas, por parte dos operadores, e pretende-se avançar no sentido de estabilização dos processos e garantir a polivalência dos operadores.

A metodologia encontra-se ainda em discussão, contudo revelou-se oportuno avançar com uma proposta de *standard work*. O método define oito rotinas de trabalho: arranque, *setup*, 1ª peça OK, execução, plano de controlo, manutenção de 1º nível, fecho e resolução de problemas.

A construção da rotina para a 1ª peça OK é responsabilidade do Departamento de Qualidade e é da responsabilidade do Departamento de Manutenção a elaboração da rotina de manutenção de 1º nível.

Cada uma destas rotinas é construída sobre três tipos de instruções: *Standard Operation Form*, SOF, *Work Operation Form*, WEF, e folha de processo/produto, FPP.

Estes três impressos são construídos numa lógica hierárquica de descrição de uma atividade do ponto de vista genérico até ao detalhe. Na SOF devem ser sequencialmente definidas as atividades a realizar por operador em cada posto de trabalho e o tempo de execução de cada atividade. Sempre que necessário, pode detalhar-se uma atividade com recurso a uma WEF.

As folhas de processo/produto existem para responder à necessidade de se definirem parâmetros de produção.

No sentido de desenvolver a instrução de trabalho, o primeiro passo consiste na recolha de informação. Nesta fase, aconselham-se entrevistas com os operadores e a observação das tarefas que ele realiza no posto em estudo. Em seguida, devem ser consultadas as chefias da área e contactada a Engenharia de Processo. Compila-se então toda a informação e definem-se os procedimentos.

Em cada posto de trabalho devemos encontrar uma capa onde devem ser compiladas as folhas de instrução.

4.2.1 Normalização da rotina de arranque

Por se pretender apenas formular o método desenvolveu-se o arranque no piso do *banbury*, por esta ser a primeira etapa do processo.

Seguindo a metodologia acima descrita desenvolveu-se a rotina de arranque, apresentada nas Figuras 37 e 38.

Na Figura 37 é apresentado o exemplo de uma SOF elaborada. Nesta podem encontrar-se descritas um conjunto de atividades que constituem o procedimento a seguir durante a rotina arranque.

4.2.2 Normalização da rotina de setup

Os tempos despendidos em *setup*, tal como apresentado no subcapítulo 4.1., são os mais significativos no que diz respeito a paragens. Por existir um número muito significativo de referências, a redução do tempo gasto na mudança de referência deve ser um objetivo constante. Para se avançar nesse sentido é fundamental estabelecer um *standard*, a ser seguido pelos operadores.

Em todas as rotinas de mudança de série devem ser consideradas as seguintes etapas:

- Analisar a próxima referência: deve analisar-se e comparar a referência a produzir em seguida com aquela que estava a ser produzida até ao momento. É a fase em que se estabelecem os passos a realizar no *setup*;
- Limpar: na mudança de referência deve garantir-se a limpeza da linha;
- Desmontar: nesta fase removem-se ferramentas e outros equipamentos característicos da série anterior;
- Montar: é realizada a colocação das ferramentas e equipamentos necessários na produção da próxima série.

Das etapas descritas, a mais crítica é a de análise, pois é nesta fase que se definem os passos a realizar em termos de limpeza e dos equipamentos a desmontar e montar.

Nas mudanças de série na CRM, por serem utilizadas cores distintas nas referências produzidas, desde cores claras a escuras, a limpeza é necessária e varia de forma significativa em função da sua sequência. Se for seguida uma lógica em que se parte de uma cor clara para uma cor escura, não há necessidade de limpeza ao nível da cor, mas quando o inverso se verifica, a limpeza é determinante para que se garanta a qualidade dos produtos.

A mesma lógica é seguida no que diz respeito à tipologia de granulado utilizada. Quando é seguida uma lógica crescente de granulometrias, a limpeza não é necessária, mas quando a sequência é decrescente é imperativo realizar-se limpeza.

Sugere-se então a criação de uma matriz de decisão (Anexo C) onde se relaciona a cor ou tipologia de granulado da referência produzida anteriormente, com a que irá ser produzida de seguida. Nesta matriz o operador é redirecionado para a WEF onde são indicados os passos a realizar em termos de limpeza.

Seguindo mais uma vez a metodologia definida no subcapítulo 4.2.1., criou-se a rotina de *setup* no piso do *banbury*, onde são descritas as etapas de forma genérica a realizar na mudança de referência, tal como apresentado no Anexo D.

4.3 Melhorias adicionais no processo produtivo

Ao longo da realização da presente dissertação em ambiente empresarial foram sugeridas um conjunto de melhorias adicionais ao nível do processo produtivo, tendo sido estas colocadas à consideração do diretor industrial da CRM.

4.3.1 Planeamento de produção semanal

Existindo um número elevado de referências para a produção de blocos aglomerados de cortiça com borracha, com composições, cores e tipologias de granulados diferentes, existe uma suscetibilidade elevada para o surgimento de contaminações a jusante na laminagem.

Com vista à redução deste defeito sugere-se a criação de um programa para o planeamento semanal de produção, à semelhança do que já existe numa das linhas da secção destinada à produção de folhas curadas à espessura.

O programa sugerido deve estar preparado para receber as ordens de fabrico provenientes do planeamento e geri-las numa lógica semanal obedecendo às seguintes restrições:

- Prazo de entrega do produto;
- Cor da referência a produzir, seguindo uma lógica da cor mais clara para a cor mais escura ao longo da semana, tendo em conta a necessidade de limpeza entre referências;
- Granulometria das referências e os constrangimentos relacionados com a sua mudança. Tempos de *setup*, limpeza e o princípio de que devemos organizar a produção por ordem crescente de tamanho de grão;
- Disponibilidade de moldes e tempos de arrefecimento;
- Necessidade de produção de *master batch* tendo em conta novamente a lógica da cor.

4.3.2 Aspiração de granulado

Nas linhas CR1 e CR2, quando o operador tem necessidade de mudar o tipo de granulado, tem de deslocar-se à secção dos granulados e realizar a alteração manual da tubagem de aspiração para o silo correspondente ao tamanho de grão da próxima produção. Para além de esta alteração resultar num período mais longo na mudança de referência, pode dar origem a erros na tipologia de granulado a ser aspirado e contaminações.

Na mudança de referência, quando existe necessidade de alteração na tipologia de granulado a ser aspirado, o operador desloca-se à secção de granulados, desengata a tubagem e retorna à linha onde realiza a operação de limpeza da canalização. Quando termina a rotina, regressa à secção de granulados onde coloca a canalização no silo correspondente à referência a produzir, regressa à linha e inicia a aspiração para o silo da linha CR equivalente ao tamanho de grão.

Neste processo de mudança de referência o operador despende aproximadamente 8 minutos.

Como alternativa e por forma a evitar todas estas etapas inerentes ao sistema atualmente em funcionamento, propõe-se a implementação de um sistema de aspiração com várias ramificações destinadas a cada tipologia de granulado de cortiça.

4.3.3 Cacifos

O sistema de escoamento presente nos cacifos das linhas CR1 e CR2 foi projetado para operar com material em grão. Devido a constrangimentos relacionados com a aquisição de material em lotes mais económicos e com prazos de entrega mais curtos, atualmente recorre-se à utilização de matérias-primas em pó que, por estarem sujeitas a alguma humidade, ficam alojadas nas paredes do recipiente, dificultando o seu escoamento, e condicionando a operação, quer em termos de produtividade como em termos do respeito pelas tolerâncias de pesagem.

Por forma a minimizar o impacto deste constrangimento propõe-se a adaptação dimensional do sem-fim utilizado no sistema de escoamento e a implementação de um sistema de anel vibratório na base do cacifo.

Para além desta alteração no sistema de escoamento de material deve existir um comprometimento do departamento de compras em futuramente manter a granulometria das matérias-primas dentro das capacidades limite do sem-fim em utilização, devendo sempre priorizar-se o material em grão.

Para além da dificuldade de escoamento verificou-se que na linha CR1 a disposição dos produtos químicos não respeitava a lógica da sua rotatividade, encontrando-se o produto de menor rotação mais próximo do início do percurso da balança.

Sugere-se a inversão da ordem de distribuição dos materiais, sendo seguida a lógica da sua rotatividade, devendo aquele que apresenta maior rotatividade estar mais próximo da entrada da balança.

Embora não exista uma contabilização dos ganhos inerentes a esta alteração, esta alteração respeita o princípio da rotação dos materiais e sugere-se que seja realizada na paragem geral a realizar no mês de Agosto por forma a não ter impacto na produção.

4.3.4 Misturador de descarga

Os problemas mais recorrentes que surgem em termos de qualidade são resultado da má homogeneização das massas. Ao longo do processo só existem duas fases onde se realiza a mistura, no *banbury* e no misturador de descarga, sendo a etapa de homogeneização realizada neste último equipamento.

Atualmente, a etapa de homogeneização é realizada pelo operador e consiste num movimento repetitivo da esquerda para a direita realizada pelo braço esquerdo enquanto a mão direita realiza pressão sobre a massa com recurso a uma faca para realizar o corte. A exposição a este posto de trabalho durante um período de tempo alargado resultou já na lesão ao nível dos ombros em alguns dos operadores.

Perante a situação, sugere-se a introdução de um rolo homogeneizador semelhante ao já existente no misturador de descarga presente na linha CR2, Figura 39, tornando este posto de trabalho mais ergonómico e melhorando o processo de homogeneização das misturas.



Figura 39 - Homogeneizador de descarga (MAB01) e carro homogeneizador

4.4 Engenharia do processo

Dando um enfoque especial à melhoria contínua, sugere-se a implementação de um conjunto de ações, no sentido de ajustar, mensurar e padronizar um conjunto de parâmetros críticos no processo produtivo.

4.4.1 Adaptação das formulações

As formulações presentes na unidade de blocos aglomerados são detalhadas nas folhas de especificação do processo. Neste documento encontram-se descritas quantidades e temperaturas *standard* de produção atribuídas a cada fórmula. Este documento foi desenvolvido na anterior unidade em Corroios e para o *banbury* em utilização na linha CR2.

Tal como descrito no mapeamento produtivo, no capítulo 3, verificou-se que a capacidade das câmaras de mistura dos misturadores internos das linhas CR1 e CR2 são distintas. Sugere-se então a adaptação das mesmas para cada um dos misturadores, com vista a obter uma melhor mistura da massa, reduzindo o tempo de homogeneização nos misturadores de descarga, resultando numa maior eficiência do processo de mistura.

O misturador interno presente na linha CR1, apresenta uma solução construtiva onde a vedação da câmara de mistura é garantida pela massa em mistura, portanto trabalhar com uma taxa de enchimento elevada irá resultar, em termos concetuais, numa redução de contaminações por parte de elementos lubrificantes.

De notar que a esta medida de adaptação às formulações irá ter repercussões em termos do número de folhas de especificação por formulação, passando a existir a necessidade de formulações duplicadas, com quantidades de matérias-primas distintas.

Assim, com a implementação deste redimensionamento devem seguir-se atividades de formação dos operadores e medidas de organização na área por forma a serem evitados erros de operação.

4.4.2 Empilhamento

Durante o tempo de permanência na linha CR1 verificou-se existir uma primeira intenção de estabelecer uma relação entre aberturas dos misturadores abertos (MAB01 e MAB02).

No sentido de normalizar e controlar o processo sugere-se que essa relação seja estabelecida desde o misturador de descarga até ao empilhamento. Esta necessidade aparece também para fazer frente a uma realidade que se verificou principalmente na mudança de turno. Por não

serem aplicados na produção as indicações presentes no documento que relaciona as aberturas dos misturadores, e por o critério limite para avançar o bloco do empilhamento para o corte na prensa ser estabelecido pelo peso necessário mais o peso estimado para as aparas, resulta em variações significativas no peso dos blocos a moldar, da ordem dos 5 kg.

Assim, para se contornarem estas variações e para que se avance no sentido da normalização do processo sugere-se que seja estabelecido, fórmula a fórmula, o valor para a abertura dos misturadores abertos e para a abertura das facas, e deve ser alterado o critério no empilhamento, sendo proposto que o bloco avance para a prensa de corte quando perfaz o número de folhas necessário.

O limite de abertura dos misturadores deve facilitar a tarefa a realizar e deve maximizar o fluxo de material a atravessar cada uma das etapas, garantindo a qualidade do produto. A abertura das facas é dependente da dimensão da referência em fabrico. Para o caso do empilhamento, o máximo de folhas deve ser tal que garanta o peso do bloco na especificação de fabrico e uma altura suficiente para que se realize o enchimento do molde.

Na Figura 40 encontra-se esquematizada a abordagem a implementar para relacionar as variáveis desde do misturador de descarga até ao empilhamento.

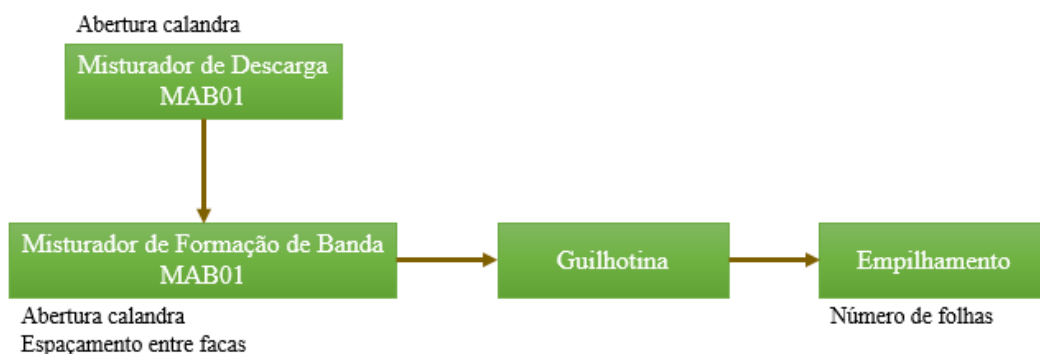


Figura 40 - Relação entre abertura de misturadores e número de folhas no empilhamento

4.4.3 Prensa de corte

Na etapa de corte pode ser verificado que a prensa apresenta liberdade total de movimentos, com uma forma de funcionamento manual tanto do cortante como do calçador.

Nesta etapa do processo o procedimento passa por garantir o corte do bloco dentro das dimensões especificadas na ordem de fabrico, ao mesmo tempo que se garante a expulsão de eventuais bolhas de ar que possam existir entre folhas através da compressão realizada por parte do calçador.

Por atualmente a prensa realizar os seus movimentos de forma manual e a compressão exercida sobre os blocos depende da sensibilidade do operador, não há forma de garantir a repetibilidade da operação ao longo das produções.

Propõe-se então a adaptação do comando da prensa para funcionamento automático, sendo introduzida uma válvula reguladora de pressão, normalmente aberta, no sistema de comando do movimento do calçador. Esta válvula deve ser regulada de acordo com a referência em produção, garantindo o nível de compressão necessário e compatível com a densidade final do bloco.

4.4.4 Prensa de moldes

A prensa de moldes é a máquina onde se realiza a moldação e a desmoldação dos blocos. Na primeira operação verificou-se que o limite inferior de descida do moldador é definido manualmente pelo operador, não sendo garantida uma compressão homogénea ao longo da produção.

Para contornar este facto sugere-se, tal como foi sugerido no subcapítulo 4.4.3. para a prensa de corte, que seja introduzida no sistema de controlo do movimento de descida do moldador uma válvula reguladora de pressão, regulada de acordo com a referência em produção e limitando o curso de descida da prensa.

4.5 Melhoria das condições de trabalho na área

Numa área produtiva onde os operadores se encontram expostos condições de trabalho nefastas que afetam a sua saúde e limitam a produtividade, neste subcapítulo sugerem-se um conjunto de medidas, que devem ser vistas como uma primeira etapa, no sentido de melhorar as condições de operação na CRM.

4.5.1 Aumento do caudal de aspiração

Nas zonas mais propícias à imanação de fumos e poeiras encontram-se instalados sistemas de aspiração, como são exemplo os misturadores fechados, os misturadores abertos (MAB01 e *Gumix*) e as estufas. O caudal de aspiração destes equipamentos é, contudo, insuficiente, resultando na dispersão de fumos e pó de cortiça por toda a área.

O sistema de aspiração que se encontra instalado na CRM partilha o seu caudal com toda a fábrica, revelando-se assim insuficiente para dar resposta às necessidades da secção.

Propõe-se o aumento do caudal disponível na rede de aspiração, apesar de não terem sido calculados os custos desta alteração, promovendo a limpeza da área e a eliminação do incómodo sentido pelos operadores, esperando-se um aumento na eficiência.

4.5.2 Recurso a aspiradores industriais

Como complemento ao subcapítulo 4.5.1., sugere-se a introdução na área de aspiradores industriais, pretendendo-se tornar a limpeza mais eficaz e eficiente. Espera-se com esta medida promover a limpeza da área e diminuir os tempos improdutivos dedicados à limpeza em redor das máquinas.

5 Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros

Neste último capítulo são apresentadas as conclusões sobre o trabalho realizado ao longo da dissertação em contexto empresarial, bem como algumas perspectivas de trabalhos futuros.

5.1 Conclusões

O projeto apresentou como principais objetivos a realização do mapeamento produtivo da linha dedicada à produção de blocos aglomerados de cortiça com borracha e a identificação das variáveis críticas do processo. Para além destes pontos, revelando-se os tempos dedicados à mudança de referência como um dos mais significativos constrangimentos produtivos, a implementação da ferramenta SMED de normalização de *setups* apresentava-se, também, como um objetivo adicional a alcançar.

O mapeamento do processo focou-se na identificação, etapa a etapa, de quais os *inputs* e *outputs* envolvidos na produção de blocos aglomerados, procurando relações entre as variáveis no sentido de serem identificados os pontos críticos que futuramente serão monitorizados para que se pretenda alcançar robustez e um processo sob controlo.

Depois de terminada a descrição detalhada do processo produtivo, foi realizada uma análise da situação atual. Com este estudo foi possível identificar um conjunto de problemas que afetam a qualidade e a eficiência. Em termos de qualidade, podem ser realçadas as contaminações resultantes de fugas no *banbury* e a limpeza insuficiente na mudança de referência, assim como a falta de conhecimento/espírito crítico dos operadores das implicações das variações aos processos. No que diz respeito à baixa eficiência destacam-se a falta de normalização dos processos, os tempos elevados de *setup* e a taxa de avarias elevada.

Verificando-se então que a falta de instruções de trabalho resume a maioria dos problemas identificados, avançou-se com um conjunto de atividades no sentido de implementação de *standards*.

A primeira das atividades passou pela implementação da metodologia SMED na prensa de corte, alocando-se os colaboradores necessários para a substituição da ferramenta no menor tempo possível. A recolocação dos operadores, garantindo a sua disponibilidade sempre que é realizado um *setup*, permitiu atingir uma melhoria significativa. No entanto, quando se avança na implementação de um projeto deste tipo, deve manter-se sempre presente a melhoria contínua, esperando chegar a uma redução mais significativa através da inclusão de uma mesa de apoio e centragem para a ferramenta.

Aquando da realização da atividade de normalização de troca de ferramenta constatou-se que a maioria dos tempos na mudança de referência era devida a mudanças de moldador. No sentido de eliminar a necessidade de realização deste *setup* foi proposta uma alteração para um sistema de moldador único, onde se espera um aumento em termos de disponibilidade da linha na ordem dos 10%.

A normalização dos processos apresenta-se como o primeiro passo na construção de instruções de trabalho, metodologia ainda em desenvolvimento na ACC, e onde se pretende apresentar

uma proposta de implementação do *standard work*, esperando atingir uma redução nos tempos de paragem e da taxa de defeitos, assim como caminhar no sentido de conseguir a polivalência dos operadores na área.

As melhorias adicionais tiveram como foco principal os operadores, e vão de encontro a muitas das sugestões por eles apresentadas. Aqui, o principal objetivo foi a valorização do trabalho.

No final do projeto pode concluir-se que todos os objetivos do projeto de dissertação foram atingidos, tendo sido desenhado um mapa do processo produtivo, tendo sido atingida uma redução dos tempos dedicados à mudança de referência, acompanhado por um aumento da disponibilidade. Adicionalmente, foi ainda apresentada uma metodologia para a implementação de instruções de trabalho, tornando a secção CRM pioneira neste campo no seio da ACC.

5.2 Trabalhos futuros

No sentido de caminhar para a melhoria contínua reduzindo de forma ainda mais significa o tempo dedicado à mudança de referência, sugere-se a adaptação das atividades dos operadores na alteração da ferramenta de corte aquando da implementação da nova mesa de apoio. É importante desenvolver uma nova atividade SMED por forma a otimizar e normalizar o *setup*.

O processo de implementação de instruções de trabalho apresenta-se ainda numa fase embrionária. Contudo, no sentido de serem atingidos os resultados apresentados pela metodologia, esta normalização deve ser estendida a toda a área.

O planeamento semanal, tal como sugerido no subcapítulo 4.3.1., deve ser desenvolvido através de um programa informático a ser desenvolvido de acordo com as instruções apresentadas.

O controlo de processos através da correlação de variáveis, tal como apresentado no subcapítulo 4.4.2., apresenta a necessidade de realização de um trabalho de análise, referência a referência, de quais os valores a serem definidos como *standard*, sendo sugerido avançar para a recolha de dados na produção, seguindo-se a análise da Engenharia de Processo, e então a definição do *standard*.

Referências

- Brue, G. and Howes, R. (2006), *Six Sigma: The McGraw-Hill 36 Hours Course*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Switzerland, Kaizen Institute Consulting Group Ltd.
- Feld, William M. (2001). *Lean manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. Florida, St. Lucie Press.
- Garza-Reyes, J.A., Oraifige, I., Soriano-Meier, H., Harmanto, D. and Rocha-Lona, L. (2010), “An empirical application of Six Sigma and DMAIC methodology for business process improvement”, *Proceedings of the 20th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM)*, San Francisco, CA, 12-14 July, pp. 92-100.
- Gijo, E.V., Scaria, J. and Antony, J. (2011), “Application of Six Sigma methodology to reduce defects of a grinding process”, *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 27 No. 8, pp. 1221-1234.
- Goh, T.N. (2002), “A strategic assessment of Six Sigma”, *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 18 No. 5, pp. 403-410.
- Harmon, Paul (2010). *Business Process Change: A Guide for Business Managers and BPM and Six Sigma Professionals*. Morgan Kaufmann, 2nd edição.
- Jugulum, R. and Samuel, P. (2008), *Design for Lean Six Sigma*, Wiley, New York, NY.
- Kumar, U.D., Nowicki, D., Ramirez-Marquez, J.E. and Verma, D. (2008), “On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 111 No. 2, pp. 456-467
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer*. New York, McGraw-Hill.
- Marchwinski, C. and S. John (2003). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers*. Brookline, Lean Enterprise Institute.
- Omachonu, V.K. and Ross, J.E. (2004), *Principles of Total Quality*, 3rd ed., CRC Press LLC, Boca Raton, FL.
- Pyzdek, T. and Keller, P.A. (2010), *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, NY.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, MA, Productivity Press.
- Snee, R.D. (2010), “Lean Six Sigma – getting better all the time”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1 No. 1, pp. 9-29.
- Snee, R.D. and Hoerl, R.W. (2007), “Integrating lean and Six Sigma – a holistic approach”, *Six Sigma Forum Magazine*, May, pp. 15-21.

Stamatis, D.H. (2004), *Six Sigma Fundamentals: A Complete Guide to the System, Methods and Tools*, Productivity Press, New York, NY.

Sugai, M., et al. (2007). "Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso." *Gestão & Produção* 14: 323-335.

ANEXO A: Especificações dos cacifos das linhas CR1 e CR2

| CACIFOS LINHA Nº1 - BALANÇA 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|-----------|--------------|-------|---------|-----|-------|--------|------------|----------|----------------|------------|---------------|--------------|------------------|----------------|
| pk_silo | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | | | | |
| Posição | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | |
| Produto | Enxofre | Ox. Zinco | MBTS | DPG | Resinas | CBS | TM/TM | TM/TD | Vulcadur A | PE-200 | Dipentax | Neiro | | | | |
| pk_produto | 526 | 455 | 443 | 442 | 515 | 444 | 445 | 446 | 513 | 440 | 563 | 517 | | | | |
| Tipo Motor | GR | | | | GR | | | | GR | | | | | | | |
| CACIFOS LINHA Nº2 - BALANÇA 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pk_silo | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |
| Posição | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Produto | Enxofre | Ox. Zinco | MBTS | DPG | TM/TD | CBS | TM/TM | PE-200 | IPPD | Struktol | Cera Poliamido | Mica. Blue | Ac. Estéarico | Ox. Magnésio | Polietil. Glicol | Cera Antiozon. |
| pk_produto | 526 | 455 | 443 | 442 | 446 | 444 | 445 | 440 | 522 | 469 | 566 | 502 | 456 | 527 | 463 | 525 |
| Tipo Motor | GR | | | | | | | | | | | | | | | |
| CACIFOS LINHA Nº2 - BALANÇA 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pk_silo | 49 | 50 | 51 | 52 | | | | | | | | | | | | |
| Posição | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | | | | | | | | |
| Produto | Deoflow | SDPA | Ox. Vermelho | Neiro | | | | | | | | | | | | |
| pk_produto | 472 | 523 | 497 | 517 | | | | | | | | | | | | |
| Tipo Motor | GR | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|--------------|-------------|------------|-----|
| ArBr. - Cima | Vel. Rápida | Vel. Lenta | |
| VV. Seq. | 61 | 20 | 3,1 |
| 5s | 3s | | |

| | | | |
|-------------|-------------|------------|-----|
| AAB - Baixo | Vel. Rápida | Vel. Lenta | |
| VV. GR | 80 | 20 | 4,0 |
| 3s | 1s | | |

VV. ABB Enter; Par S ou Par L; Enter; 12; 1204(min)/1202(máx)/2203(acele)/ 2203(desac); 1xEnter p/Visualizar; 2xEnter p/Alterar

VV. Ar.Br. Esc; V_h; 61 (máx); 62(min); 30 (Acele); 31 (Desac); SEL p/Alterar

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Proxim.(Kg) - Início Vel. Lenta | 0,300 | 0,100 | 0,030 | 0,250 | 0,300 | 0,020 | 0,030 | 0,250 | 0,350 | 0,070 | 0,060 | 0,400 | 1,200 | 0,160 | 0,060 | 0,050 | 0,350 | 0,070 | 0,040 | 0,280 | 0,100 | 0,075 | 0,040 | 0,200 | 0,150 | 0,300 | 0,040 | 0,030 | 0,200 |
| P. Queda(Kg) - Ordem Fecho Gaveta | 0,300 | 0,100 | 0,030 | 0,250 | 0,300 | 0,020 | 0,030 | 0,250 | 0,350 | 0,070 | 0,060 | 0,400 | 1,200 | 0,160 | 0,060 | 0,050 | 0,350 | 0,070 | 0,040 | 0,280 | 0,100 | 0,075 | 0,040 | 0,200 | 0,150 | 0,300 | 0,040 | 0,030 | 0,200 |

Figura 41 - Especificações do sistema de cacifos implementado na CR1 e CR2 (ACC)

ANEXO B: Análise Reométrica

A análise reométrica consiste em dois pratos aquecidos e um medidor de binário. A amostra é aquecida até à temperatura de vulcanização e é medida a resistência que o composto de borracha em função do tempo.

Sempre que a curva esteja fora dos limites, atuar da seguinte forma:

- Marque o bloco correspondente à amostra não conforme, colocando uma etiqueta amarela no molde;
- Marque o bloco anteriormente produzido colocando uma etiqueta amarela no molde;
- Aquando da desmoldagem separe o bloco para análise colocando uma etiqueta amarela de não-conforme;
- Repita de imediato o reómetro, no bloco seguinte, caso se mantenha pare a produção e alerte a chefia ou qualidade.

Especificações Técnicas:

- Potência do sistema de ventilação:
- Capacidade dos corredores de ventilação:
- Reómetro de *Gottfert* REO005
 - Gama de medição: 0,01 – 235 dNm / 1450lb/in² / 232 °C
 - Resolução: 0,01 dNm / 1lb/in²/ 0,03°C
 - Frequência: bloco sim, bloco não

ANEXO C: Matrizes de decisão na mudança de série

Na Tabela 9, apresenta-se a matriz de decisão a utilizar na mudança de série quando existe variação na coloração da mistura.

Tabela 9 - Matriz de decisão na mudança de referência quando existe mudança de cor

| Anterior \ Seguinte | Claro | Cor | Preto |
|---------------------|--------|--------|--------|
| Claro | WEF012 | WEF012 | WEF012 |
| Cor | WEF020 | WEF012 | WEF012 |
| Preto | WEF020 | WEF020 | WEF012 |


Na Tabela 10, mostra-se a matriz de decisão a utilizar no *setup* quando está envolvida uma alteração na granulometria da cortiça.

Tabela 10 - Matriz de decisão na mudança de referência quando existe mudança na tipologia de granulado

| Anterior \ Seguinte | 0.5/1 | 1/2 | 2/3 |
|---------------------|--------|--------|--------|
| 0.5/1 | WEF021 | WEF021 | WEF021 |
| 1/2 | WEF030 | WEF021 | WEF021 |
| 2/3 | ----- | WEF031 | WEF021 |

A sequência do granulado 2/3 para o 0.5/1 não é possível em termos de processo e por esse motivo, na Tabela 10, não apresenta qualquer instrução de trabalho.

ANEXO D: SOF para a rotina de *setup*



AMORIM

CORK COMPOSITES

Standard Operation Form

| ÁREA: | | LINHA: | POSTO TRABALHO: | Designação do Processo: | | TEMPO TOTAL | INFORMAÇÃO ADICIONAL: |
|---|-------------------|---|-----------------|-------------------------|----------|-----------------|-----------------------|
| CRM | CR2 | | Banbury | Setup | ROTINA | | |
| | | | | | | 00:21:10 | Setup |
| Nº | WEF | Atividade | Frequência | Tempo de atividade | Caminha | Tempo Acumulado | Operator |
| 1 | WEF010 | Análise da mistura seguinte | Diária | | | | A e B |
| 2 | WEF011 | Transporte de paletes para zona de armazém | Diária | 00:01:00 | 00:00:30 | 00:01:30 | B |
| 3 | WEF012 | Limpeza Banbury | Diária | 00:10:00 | | 00:10:00 | A |
| 4 | WEF013 | Recolha paletes de borrachas ou pilas de armazém | Diária | 00:01:00 | 00:00:30 | 00:01:30 | B |
| 5 | WEF014 | Recolha de paletes com produtos químicos de armazém | Diária | 00:01:00 | 00:00:30 | 00:01:30 | B |
| 6 | WEF015; WEF017 | Preparação do Banbury | Diária | 00:05:00 | | 00:05:00 | A e B |
| 7 | WEF016 | Selecionar mistura seguinte no display | Diária | 00:00:10 | | 00:00:10 | A |
| 8 | | Iniciar produção | Diária | | | | A |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Notas: | | | Total | 00:19:40 | 00:01:30 | 00:21:10 | |
| Observações: Operador A - Operador do banbury / Operador B - Operador de Apoio ao Banbury | | | | | | | |

Figura 42- SOF para a rotina de *setup* no *Banbury* da linha CR2